

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний факультет

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

"На правах рукопису"

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

О.В. Коваль

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності _____ - 121 Інженерія програмного забезпечення
за спеціалізацією - Інженерія програмного забезпечення розподілених систем
на тему: Система прогнозування енергозабезпечення території ВДЕ з
використанням моделі Хольта-Вінтерса

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи ТВ-82мп

Вахович Денис Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.е.н., доцент Сегеда І.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ - 2019

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”**

Факультет теплоенергетичний

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

Рівень вищої освіти другий, магістерський

зі спеціальності - 121 Інженерія програмного забезпечення

за спеціалізацією - Інженерія програмного забезпечення розподілених систем

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Коваль О.В.
(прізвище, ініціали) _____ (підпис)
« ____ » _____ 2019р.

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ**

Вахович Денис Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Система прогнозування енергозабезпечення території ВДЕ з використанням моделі Хольта-Вінтерса

Науковий керівник к.е.н., доцент Сегеда І.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “4” листопада 2019 року №3812-с

2. Строк подання студентом дисертації “ ” _____ 201 року _____

3. Об'єкт дослідження Прогнозна модель Хольта-Вінтерса.

4. Предмет дослідження Система для прогнозування енергозабезпечення території з використанням ВДЕ.

5. Перелік питань, які потрібно розробити _____

1) проаналізувати сучасні методи прогнозування енергозабезпечення території;

2) проаналізувати існуючі системи для побудови прогнозу кількості ВДЕ;

3) розробити структуру для побудови системи;

4) розробити користувацький інтерфейс;

5) розробити програмне забезпечення.

6. Орієнтований перелік ілюстративного матеріалу актуальність, мета та завдання роботи, метод прогнозування, розрахункові форми моделі Хольта-Вінтерса, джерело статистичних даних, діаграма перцентів, діаграма компонентів, модель бази даних, використані технології, інтерфейс програмного продукту, інтерфейс побудови моделі, вікно модифікації даних, аналіз побудованої моделі, висновки.

7. Орієнтований перелік публікацій Використання методів прогнозування при демонтажу нестабільних конструкцій під НБК

8. Дата видачі завдання «14» січня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строки виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Вивчення та аналіз задачі		
2.	Розробка архітектури та загальної структури системи		
3.	Розробка структур окремих підсистем		
4.	Програмна реалізація системи		
5.	Захист програмного продукту		
6.	Оформлення пояснювальної записки		
7.	Передзахист		
8.	Захист		

Студент

(підпис)

Вахович Д.Р.
(прізвище та ініціали)

Науковий керівник

(підпис)

Сегеда І.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

виконану на тему: Система прогнозування енергозабезпечення території ВДЕ з використанням моделі Хольта-Вінтерса
студентом: Ваховичем Денисом Романовичем

Робота виконана на 73 сторінках, містить 27 ілюстрацій, 22 таблиці. При підготовці використовувалась література з 31 джерела.

Актуальність теми

В даний час в усьому світі спостерігається підвищений інтерес до використання в різних галузях економіки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Дуже важливою частиною процесу встановлення об'єктів відновлюваної енергетики є пошук оптимального місця розташування для максимізації їх подальшої ефективності.

Саме тому система прогнозування кількості ВДЕ на певній території є актуальною темою. Використання такої системи надає значні переваги особам та підприємствам, що зацікавлені у встановленні таких об'єктів для власного використання або для продажу отриманої електроенергії за "зеленим тарифом".

Мета та задачі дослідження

Метою даної роботи є розробка програмного засобу для прогнозування енергозабезпечення території відновлюваними джерелами енергії з використанням моделі Хольта-Вінтерса.

Рішення поставлених завдань та досягнуті результати

В роботі розглянуто засоби, за допомогою яких система прогнозування енергозабезпечення ВДЕ за допомогою моделі Хольта-Вінтерса була ефективно реалізована. Було реалізовано таку систему у вигляді веб-додатку, в реалізації застосовано архітектурний патерн MVC. У ході розробки систему було адаптовано для зв'язку із зовнішніми API, розроблено та імплементовано оптимальну структуру бази даних. Реалізацію було протестовано на багатьох тестових сценаріях; зроблено висновки щодо особливостей даної реалізації.

Об'єкт дослідження

Система прогнозування енергозабезпечення території з використанням ВДЕ.

Предмет дослідження

Система прогнозування енергозабезпечення території з використанням ВДЕ з застосуванням прогнозної моделі Хольта-Вінтерса. Наукова новизна.

Методи дослідження

Для вирішення поставленої задачі в роботі застосовано методи синтезу та аналізу, системного порівняння та аналізу, композиції логічних структур даних та логічного узагальнення отриманих результатів.

Наукова новизна

Удосконалено систему для прогнозування кількісних показників відновлювальних джерел енергії з використанням моделі Хольта-Вінтерса та автоматичним підбором коефіцієнтів моделі.

Практичне значення одержаних результатів

У результаті виконання роботи було створено систему, яка може використовуватись власниками об'єктів відновлювальної енергетики для оцінювання обсягів отриманої електроенергії на майбутні періоди.

Ключові слова

ВЕБ-СЕРВІС, ПРОГНОЗУВАННЯ, ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, МОДЕЛЬ ХОЛЬТ-ВІНТЕРСА, ПРОГНОЗНА МОДЕЛЬ, ФОРМАЛІЗОВАНІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ, СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ, ВІТРОВІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.

ABSTRACT

on topic: The system for forecasting the RES supply of territory via the Holt-Winters model

student: Vakhovych Denys Romanovych

Work carried out on 73 pages containing 27 figures, 22 tables. The paper was written with references to 31 different sources.

Topicality

Currently, there is an increased interest in the use of renewable energy sources (RES) in various sectors of the economy. A very important part of the installation of renewable energy facilities is the search for an optimal location to maximize their future effectiveness.

That is why the system for predicting the amount of renewable energy in a certain territory is an urgent topic. The use of such a system provides significant advantages to individuals and enterprises who are interested in installing such facilities for their own use or for selling the generated electricity at a "green tariff".

Purpose

The purpose of this work is to develop a software tool for predicting the energy supply of the territory with renewable energy sources using the Holt-Winters model.

Solution

The paper considers the means by which the forecasting system for energy supply of renewable energy sources using the Holt-Winters model was effectively implemented. Such a system was implemented as a web application, in the implementation of which the architectural pattern MVC was applied. During development, the system was adapted for communication with external APIs, and the optimal database structure was developed and implemented. The implementation has been tested on various test cases; conclusions are drawn regarding the features of this implementation.

The object of research

Territorial energy forecasting system using RES.

The subject of research

Territorial energy forecasting system using RES using Holt-Winters forecast model.

Research methods

To solve this problem, the methods of synthesis and analysis, system comparison and analysis, composition of logical data structures and logical generalization of the results were applied.

Scientific novelty

Improved system for predicting renewable energy sources using Holt-Winters model and automatic selection of model coefficients.

The practical use of the research

As a result of the work, a system was created that can be used by owners of renewable energy facilities to estimate the amount of electricity received for future periods.

Keywords

WEB SERVICE, FORECASTING, RENEWABLE ENERGY SOURCES, HOLT-WINTERS MODEL, FORECASTING MODEL, FORMALIZED FORECASTING METHODS, SOLAR PANELS, WIND POWER PLANTS.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів.....	8
Вступ	9
1 Аналіз предметної області і постановка задачі.....	12
1.1 Переваги та недоліки використання ВДЕ.....	12
1.2 Задача розробки системи прогнозування.....	13
Висновки до розділу 1.....	14
2 Теоретичні відомості.....	15
2.1 Огляд методів прогнозування.....	15
2.1.1 Методи інтерполяції.....	15
2.1.1 Методи інтерполяції.....	17
2.2 Метод Хольта-Вінтерса.....	21
2.3 Сонячне опромінення та його типи.....	24
Висновки до розділу 2.....	26
3 Огляд існуючих програмних рішень.....	28
3.1. Онлайн-сервіси SolarWX та WindWX.....	28
3.2. Онлайн-сервіси Meteo.....	29
3.3. Додаток Novo Forecast.....	30
Висновки до розділу 3.....	31
4 Опис програмної реалізації.....	32
4.1 Встановлення та налаштування програмного продукту.....	32
4.2 Опис програмного продукту.....	32
4.2.1 Опис програмного продукту.....	33
4.2.2 Опис програмного продукту.....	34
4.2.3 Опис програмного продукту.....	36
4.3 Засоби розробки.....	37
4.3.1 Засоби розробки.....	38

4.3.2 Засоби розробки.....	39
4.4 Методика роботи користувача з програмним продуктом.....	39
Висновки до розділу 4.....	48
5 Стартап-проект.....	49
5.1 Ідея проекту.....	49
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	50
5.3 Аналіз ринкових можливостей.....	51
5.4 Розробка ринкової стратегії проекту.....	59
5.5 Розробка маркетингової програми.....	62
Висновки до розділу 5.....	66
Висновки.....	68
Список використаних джерел.....	70
Додаток А.....	73

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВДЕ — відновлювальні джерела енергії;

GHI (англ. global horizontal irradiance) — повне горизонтальне опромінення;

DNI (англ. direct normal irradiance) — пряме нормальне опромінення;

DHI (англ. diffused horizontal irradiance) — дифузне горизонтальне опромінення;

GTI (англ. global tilted irradiance) — похиле сонячне опромінення;

СЕС — сонячні електростанції;

ORM (англ. Object-Relational Mapping) — об'єктно-реляційне відображення;

СКБД — Системи керування базами даних;

Фреймворк (англ. Framework) — інфраструктура програмних рішень, що полегшує розробку складних систем;

Редеплой — процес оновлення програми, що запущена на веб-сервері;

ВСТУП

Світові тенденції раціонального використання енергії та турбота про навколишнє середовище зумовлюють перспективність енергозбереження, підвищення рівня енергоефективності, а також використання поновлюваних і нетрадиційних джерел енергії. Питання енергозбереження та енергоефективності є актуальним для всіх країн, незалежно від рівня розвитку економіки країни, їх рішення впливає на конкурентоспроможність продукції, енергетичну незалежність і екологічну безпеку. Розвиток великих теплових, атомних і гідроелектростанцій з дедалі більшими одиничними потужностями генеруючого обладнання не могло не надати негативного, часто незворотного впливу на екологію, як окремих регіонів, так і країн в цілому.

В даний час в усьому світі спостерігається підвищений інтерес до використання в різних галузях економіки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Це пов'язано зі змінами в енергетичній політиці світових держав, де визначальне значення набуває перехід на енергозберігаючі та ресурсозберігаючі технології.

До відновлюваних (альтернативних) джерел енергії відносяться ті, які використовують потоки енергії Сонця, енергію вітру, теплоти Землі, біомаси, морів і океанів, річок, існуючі постійно або періодично в докільлі і в осяжній перспективі відповідно практично невичерпні. Усі ВДЕ розділяються на дві групи, що використовують пряму енергію сонячного випромінювання і її вторинні прояви (непряма сонячна енергія), а також енергію взаємодії Сонця, Місяця і Землі [1].

Результатом непрямого впливу Сонця є відповідні ефекти в атмосфері, гідросфері і геосфері у вигляді енергії вітру, гідроенергії, енергії течій, хвиль, приливної енергії, теплової енергії докільля та ін.

Понад 2 мільярди євро було інвестовано в більш ніж 2500 МВт нових потужностей "чистої" електроенергетики, введених в Україні за 9 місяців 2019 року. Зокрема, за цей період встановлено нові сонячні електростанції потужністю 2000 МВт, вітрові — понад 400 МВт, біогазові установки – 24 МВт, об'єкти малої гідроенергетики – 13 МВт, об'єкти на біомасі – 4 МВт. Українські домогосподарства за півроку встановили понад 120 МВт потужностей, які виробляють електрику з енергії сонця. Відсоткові показники потужностей за 2018 рік та за 3 квартали 2019 року становлять 1.7% та 3.7% відповідно. Тобто за

неповний рік сумарна потужність відновлюваної енергетики виросла більш ніж вдвічі. Відсоткова частина вітряних та сонячних генераторів становить 18% та 70% відповідно. Великі ГЕС/ГАЕС не враховувались, їх сумарна потужність становить 6ГВт, тоді як решта відновлюваної енергетики станом на вересень цього року становила майже 5 ГВт.

Вітроенергетика вимагає чимало інвестицій в розвиток, обслуговування під час функціонування і складніша в установці вітряків, і тому розвивається повільніше. В додаток, планова діяльність по встановленню вітрових електростанцій є предметом процедури з оцінки впливу на навколишнє середовище (встановлення вітрових електроустановок в кількості більше двох одиниць, висота яких 50 м і більше. Крім, вітрової енергетики, будівництво гідроелектростанцій будь-якої потужності і гідроакумуючих електростанцій (ГАЕС) підпадає під дію ЗУ про ОВС. А планова діяльність по встановленню сонячних панелей не є сферою застосування закону про оцінку впливу на навколишнє середовище. Тому, з огляду на вище сказане, слід, що сонячна енергетика розвивається більш швидкими темпами, ніж інші види відновлюваних джерел енергії.

В Україні потужність сонячних електростанцій зростає найшвидше. І саме в цю сферу енергетики спрямовані найбільші інвестиції. На даний момент, китайські, іспанські і норвезькі компанії — лідери серед інвесторів на ринку сонячної енергетики. Серед наймасштабніших СЕС: Нікопольська СЕС, потужністю 246 мегават; Tokmak Solar Energy, потужністю 50 мегават і Терновиця, потужністю 20 мегават [1].

Використання енергії сонця для виробництва теплової та електричної енергії здійснюється на території всієї України. Також, для отримання електричної енергії застосовується енергія вітру. Серед європейських країн за кількістю встановлених в першому півріччі 2019 року вітряних електростанцій, Україна займає 5 місце [2]. Найпотужніші вітрові електростанції в Україні: Ботієвська вітрова електростанція, потужністю 200 мегават і Приморська ВЕС, потужністю 200 мегават.

Вітрові електростанції мають багато переваг. Наприклад, виробництво електроенергії за допомогою ВЕС не супроводжується викидами вуглекислого газу, тому є екологічно чистим видом отримання енергії. Одним з основних переваг є відновлюваність і невичерпність вітрової енергії. ВЕС займають мало

місця і їх легко розмістити в важко доступних місцях. Серед недоліків спостерігається загроза для флори і фауни, шумове забруднення і мерехтіння тіней.

Тому, для якісного проектування ВЕС потрібно обов'язково дотримуватися ряду законів і нормативно-правових актів України, залучати дослідників, інженерів-проектувальників, аналітиків і фахівців сектора енергетики.

З нашого досвіду з метою обґрунтування безпеки експлуатації вітрової електростанції клієнти встановлюють санітарно-захисну зону. Встановлення її розміру для ВЕС залежить від типу вітрогенераторів, їх кількості та обраної земельної ділянки.

Актуальність довгострокового прогнозу розвитку енергетики має кілька аспектів. По-перше, довгостроковий прогноз є важливим інструментом підвищення ефективності, дієвості енергетичної політики, що набуває особливої важливості в період технічного буму розвитку нових технологій як традиційної, так і відновлюваної енергетики, а також постійного підвищення вартості енергії, вичерпання викопних джерел. По-друге, довгостроковий прогноз, будучи системним, комплексним і періодично повторюється масштабним заходом, стимулює розвиток методології та методики енергетичних, технологічних, економічних досліджень, що забезпечує симбіоз міждисциплінарних розробок. По-третє, організація досліджень за довгостроковим прогнозом може забезпечити конструктивну взаємодію науки, бізнесу, громадських організацій та державної влади, а також широке поширення отриманих результатів, що в підсумку сприятиме формуванню спільного бачення перспектив і проблем енергетичного розвитку, умов ефективного узгодження локальних і загальних інтересів.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

У цьому розділі ми зосередимось на дослідженні нашої предметної області та розробимо формулювання задачі.

1.1 Переваги та недоліки використання ВДЕ

Необхідність широкого використання ВДЕ визначається швидким ростом потреби в електричній енергії, яка за прогнозами має збільшитися в порівнянні з 2000 р в 2 рази 2030 року і в 4 рази до 2050 р. [1,3]; вичерпанням в доступному для огляду майбутньому розвіданих запасів органічного палива; кризовим станом довкілля в зв'язку з забрудненням оксидами азоту і сірки, вуглекислим газом, пилоподібними частинками від згоряння палива, радіоактивним і тепловим забрудненням і ін.

Поновлювані джерела енергії мають принципові відмінності, тому їх ефективне використання є можливим на основі науково розроблених принципів перетворення енергії ВДЕ в види, необхідні споживачам. В навколишньому середовищу завжди існують потоки відновлюваної енергії, тому в процесі розвитку відновлюваної енергетики необхідно орієнтуватися на місцеві енергоресурси, вибираючи найбільш ефективні з них.

Основними перевагами ВДЕ в порівнянні з традиційними невідновлюваних джерелами є:

- практично невичерпні ресурси;
- зниження негативного впливу на навколишнє середовище, включаючи викиди різних забруднюючих речовин, парникових газів, радіоактивне і теплове забруднення та ін.;

Основними факторами, що обмежують використання нетрадиційних ВДЕ, є:

- мала щільність енергетичного потоку;
- значна нерівномірність вироблення енергії в часі і її використання;
- відносно високі капіталомісткість енергетичних установок і вартість електроенергії, що виробляється.

Для ефективного планування енергетики на поновлюваних енергоресурсах необхідно: по-перше, систематичне дослідження навколишнього середовища, по-друге, вивчення потреб конкретного регіону в енергії для промислового, сільськогосподарського виробництва і побутових потреб. Зокрема, щоб вибрати найбільш економічний джерело енергії, необхідно знати структуру споживачів енергії.

Окремі сонячні панелі часто використовуються для живлення приватних будинків або невеликих домогосподарств через відносно невеликі розміри, та простоту в експлуатації. Вітряки частіше використовуються з метою допоміжного енергозабезпечення великих енергомереж, оскільки їх досить складно та дорого встановлювати. Окрім структури споживачів також важливо враховувати ландшафт та характерні особливості місцевості.

1.2 Задача розробки системи прогнозування

Метою розробки є створення програмного продукту, проводити контроль, моніторинг та планування використання ВДЕ для енергозабезпечення регіонів України. Розроблений програмний продукт має являти собою повноцінну систему для моніторингу погодних умов, які напряду використовуються для генерації електроенергії за допомогою сонячних батарей та вітряків. Окрім моніторингу програма ставить перед собою задачу прогнозування кількості енергоресурсів, що можуть бути використані у наступному періоді та оцінки надійності прогнозу виходячи з попередніх даних.

Програмний продукт повинен забезпечити наступні можливості:

- побудови прогнозної моделі Хольта-Вінтерса;
- автоматичного підбору коефіцієнтів моделі;
- групування моделей по проектах;
- побудова графіків зміни погодних умов за обраними критеріями;
- порівняння даних існуючих моделей;
- підтримку кількох типів ВДЕ — сонячних та вітрових;
- агрегації вхідних даних;
- оновлення даних існуючих моделей;
- створення нових моделей на новій або існуючій місцевості;

- надання даних для побудови звітів;
- налаштування прав користувачів;
- керування сесіями користувачів.

Отже для виконання задачі необхідно вирішити наступні проблеми:

- аналіз інструментів для побудови системи;
- пошук надійного джерела статистичних погодних даних;
- створення програмної реалізації моделі Хольта-Вінтерса;
- можливість імпорту статистичних даних;
- розробка оптимального алгоритму підбору коефіцієнтів моделі;
- розробка алгоритму агрегації даних.

Розроблений програмний продукт має бути актуальним для користувачів, яким є важливі попередні статистичні дані та надійний прогноз показників ВДЕ на великий проміжок часу.

Висновки до розділу 1

В даному розділі були коротко розглянуті переваги та недоліки використання ВДЕ і було встановлено що галузь відновлювальної енергетики стрімко розвивається. Були розглянуті найпоширеніші шляхи використання ВДЕ та способи максимізації ефективності об'єктів відновлювальної енергетики.

Також було визначені вимоги до розробляемого програмного продукту та низку проблем, які потрібно вирішити у процесі виконання роботи.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Прогнозування — це передбачення (прогноз), яке передбачає стан або опис можливих чи бажаних аспектів, станів, рішень, проблем майбутнього. Наразі існує близько 220 методів прогнозування, але найчастіше на практиці використовуються не більше 10

2.1 Огляд методів прогнозування

Для побудови прогнозу було розглянуто декілька методів прогнозування. Загалом методи прогнозування поділяються на 2 частини.

- експертні методи;
- формалізовані методи.

2.1.1 Експертні методи

Експертні методи прогнозування широко застосовується в дослідженнях ринку і дозволяють передбачити майбутнє, коли закономірності розвитку явищ не піддаються однозначної формалізації [4]. У таких випадках важко створити модель, яка з достатнім рівнем точності відображала б ситуацію. Реальна дійсність часто виявляється настільки складною, що найтонші математичні моделі не можуть її відобразити. До того ж розвиток подій іноді випереджає можливості їх формального пізнання.

Роль формального апарату в експертному прогнозуванні зводиться до зменшення невизначеності картини майбутнього, відсіюванню випадкових факторів, що впливають на характер рішення, пошук нетривіальних, оригінальних рішень. Разом з тим такі методи не рятують від необхідності вибору прогнозу. Вони лише в деякій мірі полегшують його отримання шляхом систематизації всієї інформації.

Експертні оцінки за своєю суттю суб'єктивні: різні люди по одному і тому ж питанню можуть висловити незбіжні судження. За оскільки кожне з них ґрунтується на цілком певній інформації, накопичений досвід, результати аналізу ситуації, то передбачається, що відмінності або будуть, не надто великі, або можуть бути подолані шляхом їх взаємної корекції з використанням додаткової інформації. Цінність експертних оцінок може бути визначена тільки

в результаті її всебічного аналізу, зіставлення з іншими даними. У зв'язку з цим формальні методи виступають як спосіб узагальнення всієї отриманої інформації, що дозволяє систематизувати її або виявляти принципово різні альтернативні виходи і причини, що спонукали фахівців зупинити на них свій вибір, знизити невизначеність при розробці прогнозу.

Експертні оцінки поділяються на індивідуальні та колективні. Перші формуються в результаті висловлювань фахівців, що працюють над вирішенням поставленої проблеми незалежно один від одного. Наприклад, при інтерв'юванні встановлюється безпосередній контакт дослідника прогнозиста з експертом покупцем в режим "запитання — відповідь" за заздалегідь розробленою програмою. Мета вивчити перспективи подальшого попиту з урахуванням впливають на нього причин. Успіх тут визначається продуманістю питань їх однозначним розумінням і логічної взаємозв'язком.

Такі зустрічі з покупцями дозволяють отримати інформацію про структуру незадоволених потреб, про ставлення ідей до нових товарів, про їх споживчі властивості і асортименті: про причини відмови від покупки: про забезпеченість сімей різними предметами; а заміні старих речей новими: про ставлення до тих чи інших напрямках, моди: про місця придбання виробів: про наміри щодо покупок: про ефективність реклами і т.д.

Питання, які стосуються суті досліджуваної проблеми, можна розділити на дві групи. Перша має на меті отримати інформацію про мотиви покупки, про те, чому покупці віддають перевагу, про споживчі властивості тощо, завдання другої — з'ясувати передбачуваний обсяг придбання, вплив ціни на його розмір, фактори, що формують опитування (стать, вік, освіта і т.п.). Таким, чином, прогноз розробляється на основі всієї сукупності відомостей, отриманих від покупців.

Основні переваги колективних експертних методів в порівнянні з індивідуальними методами складаються в можливості провести більш широкий (за охопленням враховуються аспекти) і глибокий аналіз даної проблеми. Для цього залучається група фахівців різного профілю, здатних досліджувати поставлені питання з різних поліцій. Робота їх повинна бути організована таким чином, щоб експерти взаємно збагачували один одного ідеями та інформацією, але при цьому вільно, без будь-якого тиску з боку мали можливість висловити свою думку.

При груповій оцінкою широко використовується метод Дельфі. Він являє собою сукупність взаємопов'язаних процедур проведення опитувань і обробки їх результатів, в ході яких відбувається підготовка і обґрунтування прогностичного рішення. Цей спосіб реалізується в кілька етапів, турів опитувань. На кожному виконується умова анонімності, що забезпечує незалежність відповіді експертів. Крім того, перед початком наступного етапу доводяться до відома кожного фахівця результати роботи попереднього періоду (варіанти прогностичних рішень, супутня їм аргументація). Подібна практика дозволяє експерту при підготовці свого (індивідуального) рішення використовувати сукупний груповий обсяг знань і інтелектуальний потенціал.

2.1.2 Формалізовані методи

В результаті застосування формалізованих методів прогнозування визначається математична залежність, що дозволяє зробити прогноз, обчислюючи майбутнє значення процесу [4, 5]. Основою формалізованих методів прогнозування є математична теорія, що підвищує достовірність, точність прогнозів, що полегшує обробку інформації і результатів прогнозу, що значно скорочує терміни його виробництва.

Формалізовані методи прогнозування можна розділити на дві групи: методи екстраполяції і методи математичного моделювання [5]. Екстраполяція полягає у вивченні склалася в минулому і сьогоденні стійких тенденцій економічного розвитку і перенесення їх на майбутнє. При простій екстраполяції всі діючі раніше фактори, що обумовлюють досліджувану тенденцію в минулому і сьогоденні, залишаються незмінними і в майбутньому. Однак збереження тенденцій минулого і сьогодення незмінними для майбутнього найчастіше малоімовірно. І тому хоча екстраполяція лежить в основі будь-якого прогнозу, вона здатна давати ефект тільки в дуже вузькому діапазоні часу відносно не особливо складного процесу.

До екстраполяційних відноситься і метод, який отримав назву «ланцюг Маркова». В основі прогнозу, побудованого на простих ланцюгах Маркова, лежить обчислення матриці переходу, елементами якої є ймовірності переходу прогнозованих параметрів з одного стану в інший, від одного значення до іншого. Реалізація прогнозів за допомогою ланцюгів Маркова дозволяє в міру надходження нової інформації регулярно коригувати помилки, враховувати інформаційну неточність прогнозу, що підвищує надійність одержуваних

результатів. Цей метод може бути використаний для прогнозу безлічі показників, які змінюються з року в рік одночасно, але між ними безпосередньо функціональні зв'язки не встановлені через відсутність інформації або крайньої складності цих зв'язків. Прикладом може служити прогноз потреб галузей народного господарства в ресурсах. При реалізації даного прогнозу встановлюються на перспективу не тільки обсяги, а й сама структура споживання ресурсів різними галузями.

Методи екстраполяції, засновані на продовженні тенденції минулого і сьогодення на майбутній період, можуть використовуватися в прогнозуванні лише при періоді попередження в 3-5 років. При більш тривалих строках прогнозу вони не дають точних результатів. За допомогою методів екстраполяції досліджуються кількісні параметри великих систем, кількісні характеристики економічного, наукового і виробничого потенціалів, дані про результативність науково-технічного прогресу, характеристики співвідношення окремих підсистем, блоків і т.д.. Велику групу формалізованих методів прогнозування складають методи моделювання.

З їх допомогою конструюються моделі на основі попереднього вивчення об'єкта і виділення його істотних характеристик, проводиться експериментальний і теоретичний аналіз моделі, зіставляються результати з даними об'єкта, коригується модель. Моделювання широко поширене не тільки в прогнозуванні, але і в плануванні. Поштовхом до розвитку формалізованих методів, і в тому числі методів моделювання, послужило застосування електронно-обчислювальних машин (ЕОМ). У їхньому розвитку позначився новий етап — етап економіко-математичних методів (ЕММ), що з'єднали в собі математичну теорію і можливості ЕОМ.

Засновані на методах прикладної математики і математичної статистики ЕММ і ЕОМ дозволили значно розширити можливості застосування і напрямки використання формалізованих методів. Так, стало можливо глибше розкрити взаємозв'язки в народному господарстві, всебічно обґрунтовувати зміни економічних показників, прискорити отримання і обробку інформації, здійснювати різноманітні розрахунки планів-прогнозів, програм і вибирати оптимальний варіант по заданому критерію.

У плануванні і прогнозуванні виділяють різні види (типи) моделей: оптимізаційні, факторні, структурні, моделі міжгалузевого балансу та ін.

Залежно від рівня агрегування один і той же тип може застосовуватися до різних економічних об'єктах, тому виділяють моделі: макроекономічні, міжгалузеві, міжрайонні, галузеві, регіональні та мікроекономічні (на рівні підприємства, об'єднання). Економіко-математична модель будь-якого виду являє собою формалізований опис досліджуваного процесу або об'єкта у вигляді математичних залежностей і відносин.

Оптимізаційні моделі засновані на виборі критерію оптимальності, на основі якого шляхом порівняння різних варіантів вибирається найкращий (оптимальний) варіант. Оптимізаційна економіко-математична модель складається з цільової функції і системи обмежень. Цільова функція описує мета оптимізації і відображає залежність показника, за яким ведеться оптимізація, від незалежних змінних (обмежень). Система обмежень відображає об'єктивні економічні зв'язки і залежності і являє собою систему рівностей і нерівностей, наприклад, між споживанням ресурсів або величинами техніко-економічних показників і встановленими лімітами, а також межами випуску продукції.

Вплив кожної з змінних на величину цільової функції виражається коефіцієнтом-показником, екстремум якого виступає критерієм оптимальності. Приклади оптимізаційних моделей в плануванні і прогнозуванні: моделі оптимізації розвитку і розміщення виробництв, моделі оптимізації структури виробництва продукції галузей промисловості, моделі АПК, моделі транспортних задач, за допомогою яких здійснюється раціональне прикріплення постачальників до споживачів і визначаються мінімальні транспортні витрати, і інші. Прикладами макроекономічних моделей можуть служити статична і динамічна моделі міжгалузевого балансу.

Коефіцієнти прямих і повних витрат відрізняються тим, що перші визначаються в розрахунку на одиницю валового випуску галузі і є середньогалузевими, а другі розраховуються на одиницю кінцевої продукції і є економічними. Коефіцієнти повних витрат перевищують коефіцієнти прямих на величину непрямих витрат.

Слід розрізняти формальну і прогнозну екстраполяцію. Формальна базується на припущенні про збереження в майбутньому минулих і справжніх тенденцій розвитку об'єкта. При прогнозній фактичне ув'язується з гіпотезами про динаміку досліджуваного об'єкта, враховуються в перспективі альтернативні зміни самого об'єкта, його суті. В основі екстраполяційних

методів прогнозування лежить вивчення часових рядів, що представляють собою впорядковані в часі набори вимірювань різних характеристик досліджуваного об'єкта прогнозування. Екстраполяція в прогнозуванні передбачає, що даний процес зміни змінної є поєднанням двох складових xt — регулярної (детермінована не випадкова) і et — випадковою.

Регулярна складова називається трендом, тенденцією. У цих термінах укладено інтуїтивне уявлення про очищену від перешкод суті аналізованого процесу (інтуїтивне тому, що для більшості процесів не можна однозначно відокремити тренд від випадкової складової). Регулярна складова (тренд) характеризує динаміку розвитку процесу в цілому, випадкова складова відображає випадкові коливання або шуми процесу. Обидві складові процесу визначаються функціональним механізмом, що характеризує їх поведінку в часі. Завдання прогнозу полягає у визначенні виду екстраполюючих функцій на основі вихідних емпіричних даних і параметрів обраної функції. Першим етапом є вибір оптимального виду функції, що дає найкращу опис тренду. Наступний етап — розрахунок параметрів обраної екстраполяційної функції.

При оцінці параметрів залежностей найбільш поширені метод найменших квадратів і його модифікації, метод експоненціального згладжування, метод адаптивного згладжування, метод ковзної середньої та ін. Метод найменших квадратів (МНК) вимагає знайти параметри моделі тренду, що мінімізують її відхилення від точок вихідного часового ряду, тобто мінімізувати суму квадратичних відхилень між що спостерігаються і розрахунковими величинами. Широко застосовується лінійна функція, або лінеарізуєма, тобто зводиться до лінійної, як найбільш проста і відповідає вихідним даним.

Метод найменших квадратів передбачає рівноцінність вихідної інформації в побудованій моделі. У реальній практиці майбутню поведінку процесу визначається пізніми спостереженнями більшою мірою, ніж ранніми. Коефіцієнт може бути представлений в різному вигляді: числовий формою, функціональною залежністю, але таким чином, щоб у міру просування в минуле ваги убували. Для цього використовуються модифікації методу найменших квадратів. Метод найменших квадратів широко застосовується в прогнозуванні в силу його простоти і можливості реалізації на ЕОМ. Недолік методу в тому, що модель тренду жорстко фіксується, а це робить можливим його застосування тільки при невеликих періодах попередження, тобто при короткостроковому прогнозуванні.

Метод ковзної середньої надає можливість вирівнювати динамічний ряд шляхом його розчленування на рівні частини з обов'язковим збігом в кожній з них сум значень, як модельних так і емпіричних.

Відомий метод експоненціального згладжування надає можливість отримати оцінку параметрів тренду, що характеризують не середній рівень процесу, а тенденції, що склалися до моменту останнього спостереження, тобто він дозволяє оцінити параметри моделі, яка описує тенденції, які сформувалися в кінці базисного періоду, і тим самим не просто екстраполюють діючі залежно в майбутнє, а пристосовується, адаптується до умов, що змінюються в часі. Переваги в тому, що метод не вимагає великої інформаційної бази, а передбачає її інтенсивний аналіз з точки зору інформаційної цінності різних членів тимчасової послідовності. Моделі, що описують динаміку показника, мають просту математичну формулювання, адаптивна еволюція параметрів дозволяє відобразити неоднорідність та плинність властивостей часового ряду. Цей метод застосовується як при короткостроковому так і при середньостроковому прогнозуванні.

Моделі експоненціального згладжування є одними з найбільш надійних і широко поширеними в прогнозуванні. Основа даної моделі — постійний перегляд прогнозних значень і їх зміна, в зв'язку з надходженням нових фактичних даних. Кожним даним присвоюється експоненціально спадні ваги з постійним зменшенням їх актуальності. Таким чином, останні дані мають більший вплив на прогнозоване значення, у порівнянні з попередніми.

2.2 Метод Хольта-Вінтерса

У зв'язку зі зростаючою невизначеністю зовнішнього середовища, збільшенням ринкової конкуренції виникає необхідність в найбільш якісному прийнятті управлінських рішень в області стратегічного і тактичного планування. Також, зважаючи на найбільшого поширення інтегрованого планування на підприємствах і в ланцюгах поставок, зростає важливість складової прогнозування в системі планування.

На жаль, застосування окремих методів прогнозування не приводить до оптимального і досить точному результату, оскільки прогнози можуть

враховувати не тільки фактори, що робить вплив на предмет прогнозування, а й різні складові прогнозу, такі як його основна тенденція розвитку, сезонна і циклічні складові, випадкова компонента. Одним з методів, що враховує декілька складових прогнозу, є метод Хольта-Вінтерса. Метод Хольта-Вінтерса — це трипараметрична модель прогнозу, яка враховує:

- згладжений експонентний ряд;
- тренд;
- сезонність.

Потрійне експоненціальне згладжування вперше було запропоновано студентом Хольта, Пітером Вінтерсом, у 1960 році, прочитавши книгу обробки сигналів з 40-х років про експоненціальне згладжування [6,7].

Алгоритм розрахунку по методу Хольта-Вінтерса

Розраховується експоненціально-згладжений ряд:

$$L_i = \frac{k \cdot y_i}{S_{i-S}} + (1 + k) \cdot (L_{i-1} - T_{i-1})$$

де S_{i-S} — коефіцієнт сезонності попереднього періоду. Сезонність в першому періоді дорівнює 1.

Визначення значення тренду:

Оцінюється сезонність:

$$S_i = \frac{q \cdot y_i}{L_i} + (1 - q) \cdot S_{i-S}$$

де S_i — коефіцієнт сезонності для поточного періоду;

q — коефіцієнт згладжування сезонності (задається вручну і знаходиться в межах від 0 до 1);

S_{i-S} — коефіцієнт сезонності за цей же період в попередньому сезоні.

Оцінюється вплив тренду:

$$T_i = (L_i - L_{i-1} \cdot b + (1 - b) \cdot T_{i-1})$$

де b — коефіцієнт тренду.

Визначення прогнозу:

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + p \cdot T_t) \cdot S_{t-S+p}$$

де \hat{Y}_{t+p} — прогноз на p -й період вперед;

S_{t-S+p} — значення сезонності за цей самий період в останньому сезоні.

Розрахунок помилки моделі Помилка моделі знаходиться за формулою:

$$\gamma_i = y_i - \text{bar}y_i$$

де γ_i — помилка моделі для i -го періоду

y_i — реальне значення

$\text{bar}y_i$ — прогнозне значення

Розрахунок точності прогнозу

Для цього визначається відхилення помилки моделі від прогнозованої моделі:

$$\Delta\gamma_i = \frac{\gamma_i^2}{y_i^2}$$

Точність прогнозу знаходиться як одиниця мінус середнє значення відхилень помилок моделі від прогнозованої моделі.

Метод Хольта-Вінтерса включає в себе три складових: основну тенденцію розвитку, сезонність і експоненціально-згладжений ряд. Завдяки тренду з включеним експоненціальним згладжуванням, можна не тільки виявити напрямок розвитку ряду динаміки, а й згладити дрібні коливання в ряду динаміки для пошуку приватних спадів і стрибків. Сезонність дозволяє побудувати прогноз на майбутні періоди з урахуванням даної сезонності, що наочно показує побудований прогноз[8].

Даний метод дозволяє будувати прогнози на досить великий проміжок часу. Оскільки він враховує кілька факторів прогнозування, то він буде більш точним при прогнозуванні на тривалий проміжок часу. Але даний метод має також наступні обмеження.

Для побудови найбільш точного прогнозу необхідні дані за досить тривалий проміжок часу. для побудови найбільш точного прогнозу бажано використовувати дані за 4-5[9, 10] закінчених прогнозних періодів. Відповідно, чим більше тимчасових даних, тим на довший період вперед може бути здійснений прогноз[11].

2.3 Сонячне опромінення та його типи

Точне вимірювання сонячного опромінення важливо для розробки та впровадження проекту конструкції сонячної електростанції. Розробникам необхідні дані сонячного опромінення для аналізу ресурсів, проектування та експлуатації системи. Сонячне опромінення різниться в залежності від місця. Тому важливо виміряти локальне опромінення для проектування профільних сонячних електростанцій, оскільки вони потребують значних інвестицій[12, 13]. Перед початком проекту розробники проекту вимагають достовірних даних про сонячні ресурси у вибраному місці.

Дані обробляються в детальному техніко-економічному обґрунтуванні, що є основою для прийняття фінансового рішення про будівництво сонячної електростанції. Коливання кількості сонячної радіації представляє найбільшу невизначеність у прогнозі експлуатації сонячної електростанції.

Сонячне опромінення на земній поверхні поєднує пряме нормальне опромінення (DNI , Direct normal irradiance) та дифузне горизонтальне опромінення (DHI , diffused horizontal irradiance) [14-16]. Обидва пов'язані у формулі глобального горизонтального опромінення (GHI , Global horizontal irradiance):

$$GHI = DHI + DNI \cdot \cos(\theta)$$

де θ — кут падіння сонячних променів

Деякі регіони можна легко визначити за відмінні сонячні ресурси, наприклад, Близький Схід чи Африка. Для вибору на конкретному місці, слід враховувати місцеві впливи, наприклад, ранковий туман або забруднення повітря близькими фабриками. Супутникові дані вказують на сонячне опромінення для великих регіонів. Точні прогнози сонячної енергії можуть збільшити продуктивність електростанцій за рахунок оптимізації конструкції. Після побудови та експлуатації сонячної електростанції дані сонячних ресурсів все ще потрібні для моніторингу її роботи. Якщо продуктивність падає, це означає, що один або кілька компонентів сонячної електростанції потребують технічного обслуговування.

Загальна променева сила Сонця досить постійна та також відома як TSI (Total Solar Irradiance). Загальне сонячне опромінення частково поглинається

озоном, киснем, водяною парою, вуглекислим газом, пилом та димом. На основі поглинання і відбивання в атмосфері та на земній поверхні, пробне сонячне опромінення поділяється на дві складові: пряме опромінення, яке досягає земної поверхні, не розсипаючись і не поглинаючи і дифузне опромінення, яке досягає земної поверхні після того, як воно має або більше взаємодії з атмосферою.

Повне горизонтальне опромінення — загальна кількість опромінення, отриманого зверху горизонтальною поверхнею (рисунок 2.1). Це значення включає пряме нормальне опромінення (DNI) та дифузне горизонтальне опромінення (DHI).

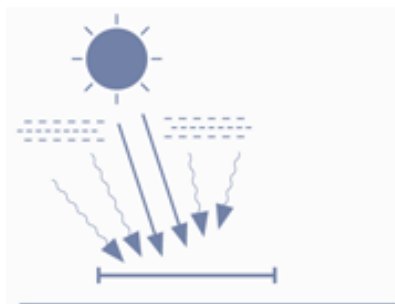


Рисунок 2.1 – Повне горизонтальне опромінення

Повне похиле опромінення — загальна кількість прямого і дифузного опромінення, отриманого нахиленою поверхнею (рисунок 2.2).

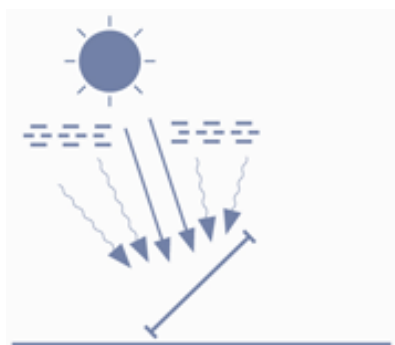


Рисунок 2.2 – Повне похиле опромінення

Пряме нормальне опромінення — це кількість сонячного опромінення, отриманого на одиницю площі поверхнею, яка завжди тримається перпендикулярно (або нормально) до променів (рисунок 2.3), що надходять прямолінійно від напрямку Сонця при його поточному положенні на небі.



Рисунок 2.3 – Пряме нормальне опромінення

Дифузне горизонтальне опромінення — це кількість опромінення, одержуваного на одиницю площі поверхні, яка не надходить прямим шляхом від сонця, але розсіяна молекулами і частинками в атмосфері і надходить однаково з усіх напрямків (рисунок 2.4).

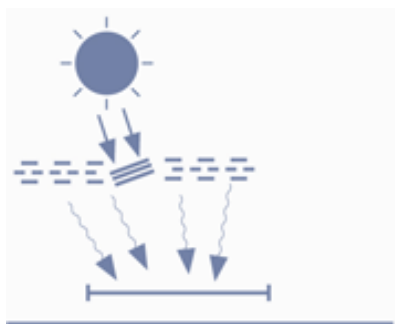


Рисунок 2.4 – Дифузне горизонтальне опромінення

Чим вище сонячне випромінювання в місці розташування планованої сонячної електростанції, тим вище може бути енергетичний вихід.

Висновки до розділу 2

У цьому розділі було проведено порівняльний аналіз методів прогнозування, розглянуто сфери використання експертних методів прогнозування, таких як метод Дельфі, та формалізованих методів, таких як метод прогнозування з використанням ланцюгів Маркова та авторегресійний аналіз. Був описаний метод побудови прогнозу за допомогою моделі Хольта-Вінтерса та обґрунтовано причини, через які був обраний саме цей метод прогнозування, а саме:

- урахування сезонності;

- урахування тренду;
- урахування експоненційно-згладженого ряду;
- можливість побудови прогнозу на великий проміжок часу.

Також було розглянуто типи сонячного опромінення, які використовуються для розрахунку потужності СЕС.

3. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ

У ході дослідження не було виявлено систем, що спеціалізуються на прогнозуванні показників, що необхідні для планування енергозабезпечення з використанням ВДЕ за допомогою моделі Хольта-Вінтерса, проте було знайдено окремі програмні реалізації прогнозування з використанням зазначеної моделі та сервіси, що надають прогнози кількості енергоресурсів іншими способами.

3.1 Онлайн-сервіси SolarWX та WindWX

Сервіс SolarWX від Global Weather Corporation (рисунок 3.1) надає прогнози повного горизонтального опромінення (GHI) у будь-якій точці світу. Оцінки SolarWX щодо GHI використовуються у плануванні виробництва сонячної енергії, використання енергії для дому та промисловості та сільське господарство [19].

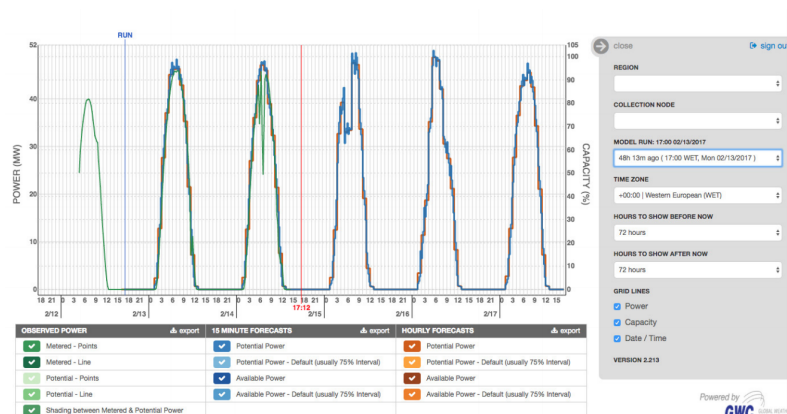


Рисунок 3.1 – Користувачський інтерфейс SolarWX

Сервіс WindWX (рисунок 3.2) надає прогнози щодо швидкості (GHI) у будь-якій точці світу [20]. Оцінки WindWX щодо швидкості вітру використовуються в аналогічних сферах, що і SolarWX, тільки з використанням вітрових електрогенераторів.

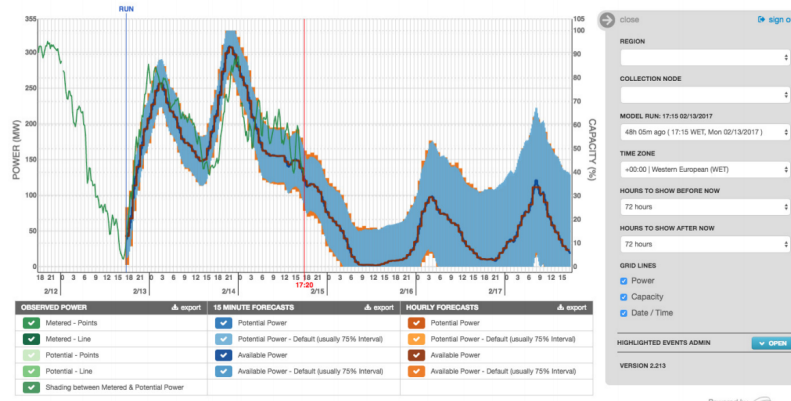


Рисунок 3.2 – Користувацький інтерфейс WindWX

Типовими користувачами є комунальні установи, торговці енергією, додатки для розумного будинку, системи моніторингу та сільськогосподарські інформаційні служби. Прогнози відображаються у веб-браузері.

Система має зручний інтерфейс, та досить високу точність, проте головним її недоліком є короткий період прогнозу — 168 годин, тобто один тиждень.

3.2 Онлайн-сервіси Meteo

Компанія Meteo (рисунок 3.3) надає аналогічні послуги, що і Global Weather Corporation, проте має більшу кількість сервісів [21].



Рисунок 3.3 – Лого Meteo for energy

Для порівняння з сервісами для прогнозування та моніторингу вищезазначених ВДЕ, існують наступні сервіси Meteo:

- Meteo for CSP (прогнози, адаптовані до потреб сонячних теплових електростанцій);
- Meteo for Wind (прогнози виробництва енергії для вітроелектростанцій);
- Meteo for PV (прогнози, адаптовані до потреб фотоелектричних електростанцій);

- Meteo for Solar(побудова типового метеорологічного року(TMY), не є прогнозом);

та інші, що не стосуються планування електрогенерації.

Сервіси мають схожий із попередніми веб-інтерфейс, довжина побудованого прогнозу не сильно перевершує показники свого конкурента — 192 години, або 8 днів. Для побудови прогнозу обидві компанії використовують нейронні мережі, що забезпечує досить високу точність (рисунок 3.4), але на досить невеликий проміжок часу.

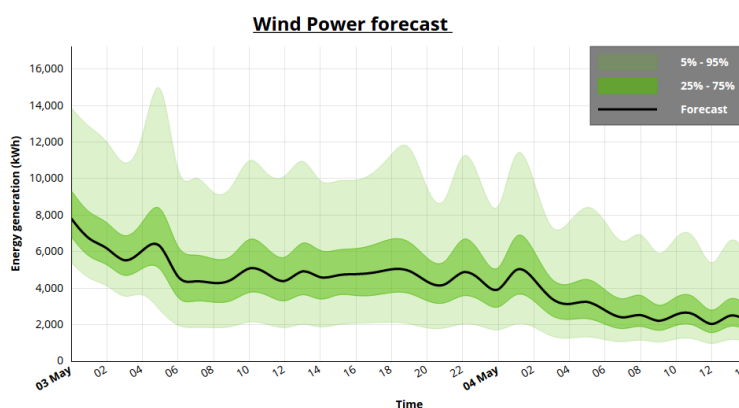


Рисунок 3.4 – Графік точності сервісу Meteo for Wind

Також було розглянуто сервіси SolarGis та Solcast [22, 23]. Обидва сервіси мають подібну структуру та недоліки. Цінова політика у всіх вищезазначених компаній також схожа — окрім платної підписки, користувач платить за кожну відстежувану локацію.

3.3 Додаток Novo Forecast

Цей додаток надає можливість побудови прогнозів з використанням статистичних моделей, до яких входить модель Хольта-Вінтерса. Існує безкоштовна (Novo Forecast Lite) та повна версія (Novo Forecast PRO) продукту [24]. У безкоштовній версії накладені обмеження на кількість вхідних даних. Ця програма є не веб-сервісом, а класичним настільним додатком (рисунок 3.5), що інтегрується з Microsoft Excel.

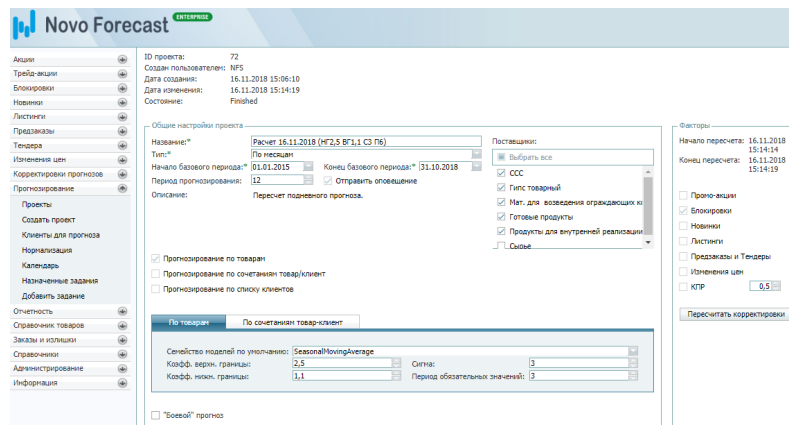


Рисунок 3.5 – Интерфейс Novo Forecast

Через це, програма накладає певні обмеження на її використання, оскільки користувачі з операційною системою, відмінною від Windows, або із версією Excel, що не підтримує дану інтеграцію не зможуть використовувати цей додаток.

Висновки до розділу 3

У ході дослідження не було виявлено програмних реалізацій із мінімальними зазначеними вимогами.

Знайдені продукти можна умовно поділити на:

- системи, що зосереджують свою увагу на наданні користувачу актуальних на сьогоднішніх показниках ВДЕ, а отже не надають ніякого інструментарію для побудови довгострокового прогнозу;
- системи, що надають змогу будувати прогнози різними методами, але потребують велику кількість зусиль, оскільки є дуже загальними.

Оскільки спеціалізованої системи для побудови довгострокових прогнозів не було знайдено, то створення такого сервісу є актуальною задачею.

4 ОПИС ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

Для побудови системи необхідно чітко визначити її функціональні можливості та архітектуру. Цей розділ демонструє результат такого аналізу.

4.1 Джерело статистичних даних

Оскільки вимоги до вхідних дані мають незвичайний характер для погодних показників та мають бути детально представлені за досить великий проміжок часу, виникла необхідність знайти джерело таких даних.

Таким сервісом став вищезгаданий Solcast — сервіс, що надає доступ до величезної погодної бази, яка наповнюється через систему новітніх супутників та внутрішніми алгоритмами Solcast для визначення таких показників як швидкість та напрям вітру, захмареність, точка роси, кут сонця та вищезгадані показники DHI, DNI та GHI.

Також система надає доступ до Solcast API, який було вирішено використати у створеній системі як один із шляхів оновлення статистичних даних (рисунок 4.1).

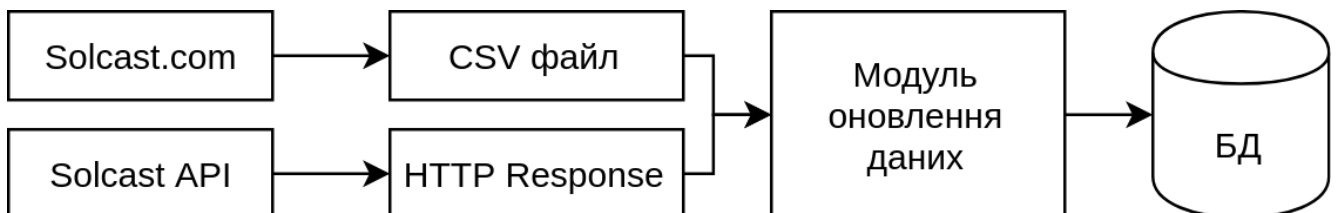


Рисунок 4.1 – Схема оновлення даних

Другий спосіб оновити дані системи — за допомогою CSV-файлу. Обидва способи будуть розглянуті далі.

4.2 Опис архітектури системи

Під час розробки системи необхідно мати розуміння деталей взаємодії модулів системи між собою та користувачем. Розглянемо побудовані схеми.

4.2.1 Діаграма прецедентів

Для побудови системи було досліджено потреби кінцевого користувача та побудовано діаграму прецедентів, яка зображена на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 – Діаграма прецедентів

Оскільки ми будуємо веб-додаток, було визначено наступні ролі користувачів

- гість;
- користувач;
- адміністратор;

Ролі відрізняються рівнем доступу до елементів системи та функціональними можливостями. Такими елементами є проекти, локації, моделі, та дані моделей.

Гість має доступ до перегляду тільки проектів, що не були відмічені приватними при створенні. Проекти — це сукупність моделей, що були згруповані для порівняння. Також гість може пробувати експортувати результати моделі у файл, підбирати коефіцієнти до доступних моделей, але не має доступу для їх збереження, зміни параметрів чи вхідних даних жодних моделей.

Якщо гість має обліковий запис — він може увійти під ним в систему. А якщо ні — то має можливість створити новий обліковий запис. Після входу в

систему гість стає користувачем або адміністратором — в залежності від типу облікового запису. Відмінність між адміністратором та звичайним користувачем полягає у тому, що адміністратор має повний доступ до усіх створених проектів та моделей незалежно від їхнього рівня приватності.

Користувач може створювати нові проекти, локації та моделі. Переглядати моделі всіх звичайних проектів та лише тих приватних, на які має відповідні налаштування доступу. Також він може змінювати вхідні параметри та коефіцієнти моделей, якщо має відповідні налаштування доступу.

Під зміною вхідних параметрів мається на увазі додавання чи видалення статистичних даних моделі. Видалити можна як один запис, так і всі. Оновлення даних передбачено за допомогою імпорту CSV-файлу або HTTP-запиту на сервер з необхідними даними.

4.2.2 Діаграма компонентів

Після побудови діаграми прецедентів було побудовано діаграму компонентів, яка зображена на рисунку 4.3.

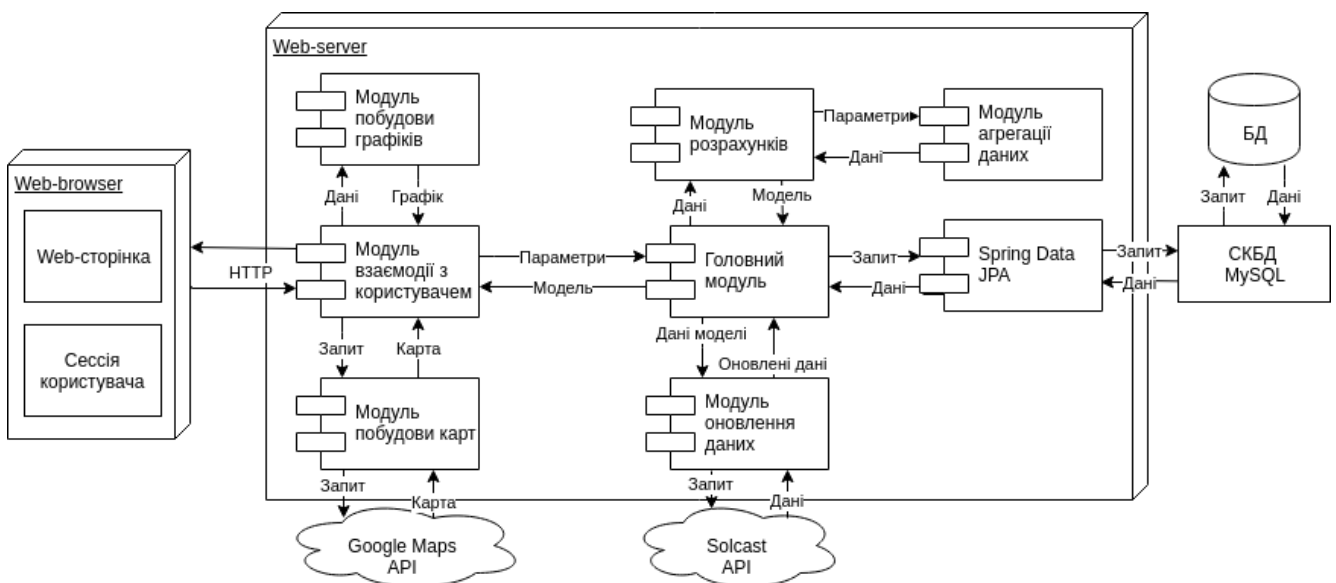


Рисунок 4.3 – Діаграма компонентів

Система побудована за принципами MVC, представляє собою веб-додаток який користувач може використовувати через веб-браузер через HTTP. розглянемо основні модулі системи.

Користувач взаємодіє з системою через модуль за допомогою, який відповідає за керування сесією користувача, навігацію та через який

відбувається взаємодія користувача із елементами системи та будь які інші модулі.

Також через цей модуль відбувається візуалізація даних у вигляді графіків до побудованих моделей та відображення карти за допомогою Google Maps Platform з помітками локацій до яких прив'язані ті чи інші моделі у межах обраного проекту.

Головний модуль відповідає за маніпуляцію з даними, через нього проводяться усі розрахунки, модифікації існуючих елементів, створення нових та взаємодія із зовнішньою системою Solcast для імпортування статистичних даних у моделі.

Модуль оновлення відповідає за імпорт даних у модель через CSV-файл або через HTTP-запит до Solcast API. Головною відмінністю у результаті між цими способами — це обсяг отриманих даних та складність операції. Через файл можна завантажити будь-яку кількість записів моделі, а через запит — тільки дані за останній тиждень. Але отримання файлу пов'язано з деякими труднощами, тоді я оновлення через API відбувається за два кліки.

Для користувача це означає, що при першому імпорті бажано використовувати файл завантажений з сайту Solcast, після чого періодично оновлювати дані за допомогою запиту до Solcast API.

Модуль розрахунків забезпечує прогнозування за допомогою реалізованої моделі Хольта-Вінтерса, також через нього відбуваються усі підготовчі дії над вхідними даними — фільтрація, агрегація та підбір оптимальних коефіцієнтів за їх відсутності.

До фільтрації належить відсіювання даних, що виходять за межі зазначеного користувачем періоду а також виокремлення обраного користувачем типу даних — повного горизонтального опромінення або швидкості вітру.

Агрегація слугує для того, щоб користувач міг перемикатися між часовими періодами — щомісячними та щоденними. Також модуль агрегації забезпечує однорідність даних, оскільки дані отримані через Solcast API мають інтервал у півгодини, а дані у CSV файлі — годину. Ці дані агрегуються у щоденні періоди, оскільки занадто висока детальність може зашкодити точності прогнозу системи та займає занадто багато місця. Наприклад дані за 5 років (мінімально бажана кількість статистичних даних) з інтервалом у півгодини становлять 87 600 записів у базі даних.

Збереження інформації у базу даних відбувається через Spring Data JPA, що допомагає уникнути зайвого коду у вигляді DAO-класів.

4.2.3 Модель бази даних

Важливою частиною будь-якого додатку, який зберігає дані, є база даних. Проектування БД та дотримання нормальних форм таблиць є важливою частиною проектування та значною мірою впливає на швидкодію розробленого програмного продукту. На рисунку 4.4 зображено модель базу даних, що використовується у розробленій системі.

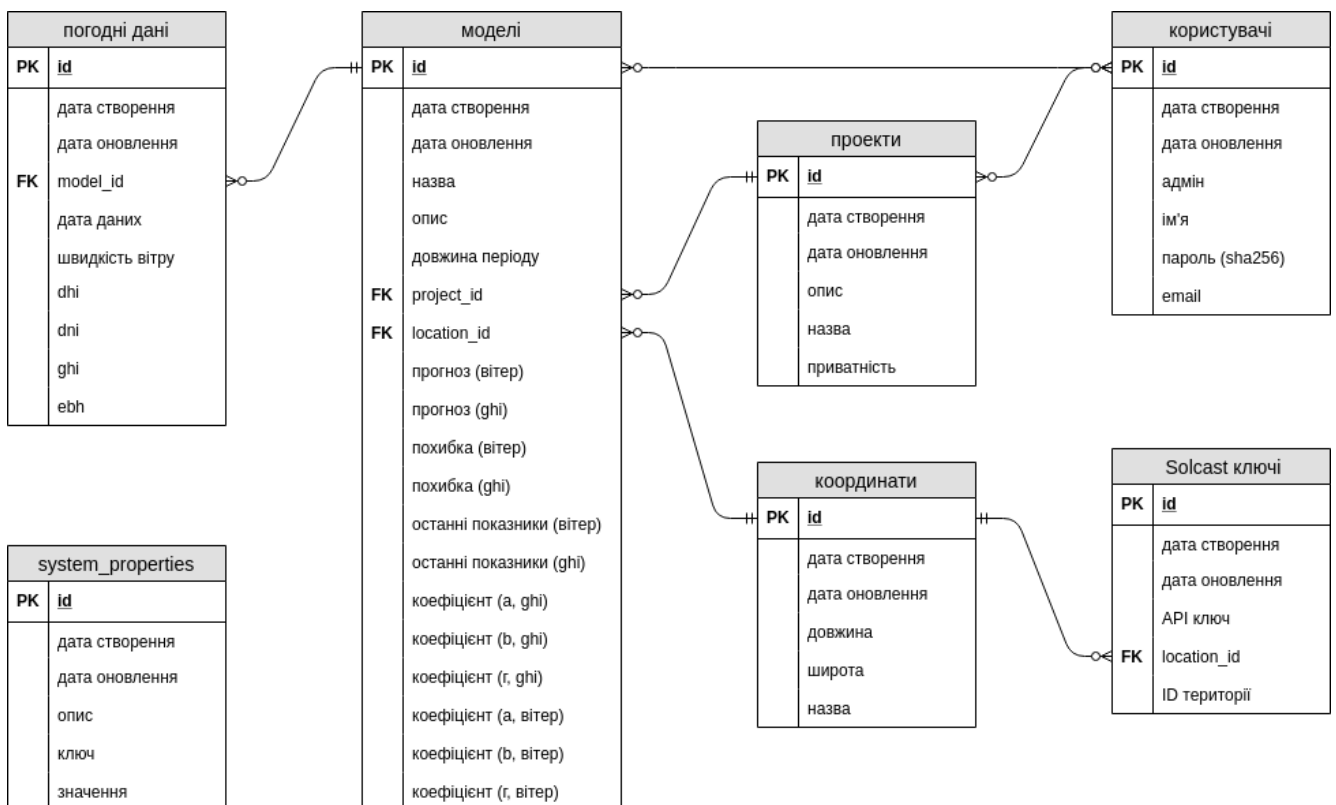


Рисунок 4.4 – Модель бази даних

На цій схемі опущені допоміжні таблиці для many-to-many відношень, натомість такі відношення зазначені відповідним зв'язком.

Центральним елементом взаємодії користувача з системою є модель, яка представляє собою набір статистичних даних по цій території, інформацію про підібрані коефіцієнти окремо для сонячних та вітряних показників, інформацію про результати прогнозування та похибки моделей. Тільки зареєстровані користувачі з наявним зв'язком із моделлю мають доступ до зміни цих даних.

Моделі містять погодні дані, що представляють собою середні погодні показники за вказаний день. Якщо користувач має доступ до модифікації моделі, то він має доступ і до оновлення чи видалення погодних даних цієї моделі.

Кожній моделі може відповідати тільки одна локація. Для оновлення даних за допомогою Solcast API необхідно додати у HTTP-запит пару ключів: API-ключ, що слугує ідентифікатором користувача та ID території, що є ідентифікатором локації, для якої ми хочемо оновити дані. Ці пари зберігаються у таблиці Solcast ключі.

Моделі містяться у проектах, які можуть бути приватні — незареєстровані користувачі або користувачі, що не мають права на перегляд цих проектів не матимуть до них доступу.

4.3 Засоби розробки

Для розробки програмного продукту було обрано широкий набір засобів, що дозволив створити гнучкий, надійний та легкий у використанні програмний продукт.

Для розробки програмного засобу було використано:

- мова програмування: Java 8;
- Spring Framework 5.1;
 - Spring Boot;
 - Spring Data;
- Vaadin 8;
- реалізація JPA: Hibernate 5.4.1;
- СКБД: MySQL 8.0.11.

Допоміжні інструменти:

- Jrebel;
- Maven;
- Liquibase;
- Git.

Засоби розробки:

- Ubuntu;
- IntelliJ IDEA;

- Gitkraken.

4.3.1 Опис основних технологій

Мова програмування Java — одна з найпопулярніших, яка використовується для створення веб-додатків та платформ. Вона була розроблений для гнучкості, дозволяючи розробникам писати код, який працюватиме на будь-якій машині, незалежно від архітектури чи платформи завдяки JVM — віртуальній машині Java [25, 26].

Фреймворк Spring — це потужний та легкий фреймворк, який використовується для розробки додатків на Java. До його запуску в ІТ-секторі програми розроблялися за стандартами JEE. За допомогою цих стандартів можна розгорнути програму на будь-якому сервері додатків JEE. Але це мало кілька проблем, серед яких:

- швидке зростання складності коду та підтримки проекту з ускладненням структури додатку;
- зменшення продуктивності системи через складність додатку;
- сильна зв'язаність коду.

Ці проблеми були вирішені впровадженням Spring Framework. Він швидко здобув популярність на ринку завдяки основним особливостям, таким як його модульність. Тепер систему стало можна легко розділити на різні модулі, кожен з яких обслуговує власну функціональність. Також для Spring Framework розробляється багато проектів, що полегшують багато аспектів розробки системи.

Для побудови користувацького інтерфейсу було обрано Vaadin — фреймворк, який дозволяє писати користувацький інтерфейс виключно на Java, не використовуючи JS, HTML та CSS. Vaadin також дозволяє створювати макети в HTML або за допомогою візуального дизайнера. Програми з використанням Vaadin запускаються на сервері додатків та відповідають за спілкування клієнта із сервером. Весь користувацький інтерфейс було побудовано виключно за допомогою цього фреймворку [27].

Бібліотека Hibernate є провідним рішенням ORM для розробки програм. Вона забезпечує відображення таблиць реляційної бази даних та їх зв'язків у вигляді "сутностей" — класів Java [28, 29].

Система керування базами даних MySQL — одна з найпопулярніших баз даних у світі. Вона має відкритий код, надійна, сумісна з усіма основними хостинг-провайдерами, економічно ефективна і проста в управлінні [30, 31].

4.3.2 Опис допоміжних інструментів

Інструмент JRebel дозволяє розробникам миттєво перезавантажувати зміни коду, так званий Hot deployment. Він дозволяє пропустити етапи перезавантаження, перебудови та редеплою у розробці на Java. JRebel дає змогу розробникам більше робити за той самий час і залишатися в потоці під час кодування, значно скорочуючи час не перевірку внесених у систему змін.

Інструмент Maven призначений для управління проектами та який базується на POM (об'єктній моделі проекту). Він використовується для побудови проектів та менеджменту залежностей, що значно спрощує процес зборки проекту.

Бібліотека Liquibase — бібліотека з відкритим кодом, що використовується для відстеження, управління та застосування змін бази даних. Вона була створена у 2006 році, для полегшення відстежування змін бази даних. Ця бібліотека була обрана для використання через розвиток схеми БД за допомогою Hibernate — при оновленні структури бази видалялися усі існуючі дані, навіть тих таблиць, змін у яких не відбувалося. Ці дані легко відновлювалися за допомогою цієї бібліотеки.

Жодна складна програма в наш час не створювалася без системи управління версій — однією з найпопулярніших представників такої системи є Git - розподілена система управління версіями для відстеження змін у коді під час розробки ПЗ. Він призначений для координації роботи серед програмістів та паралельної розробки, але з його допомогою можна відстежувати зміни в будь-якому наборі файлів.

4.4 Методика роботи користувача з програмним продуктом

При першому вході на сторінку системи користувачу буде надано гостьовий доступ до публічних проектів та моделей (рисунок 4.5).

Користувач може обрати зі списку доступних йому проектів необхідний та переглянути інформацію про побудовані моделі. При виборі моделі буде здійснено перехід по відповідній точці на карті. У кожній точці відображається допустиме

відхилення з радіусом 1 км, оскільки сервіс Solcast зазначає саме таку точність даних.

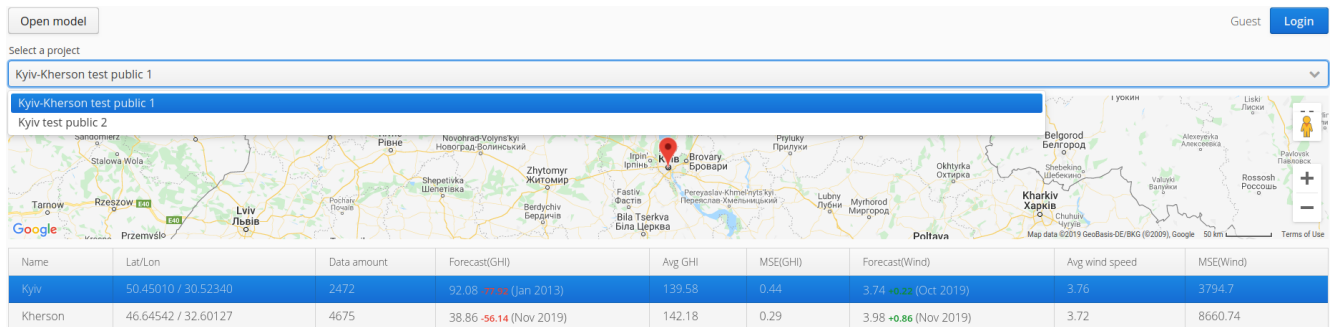


Рисунок 4.5 – Гостьовий інтерфейс

У списку моделей присутні дані про місцезнаходження моделюємої локації, кількості днів за які наявні дані, середній показник даних, які ми аналізуємо, інформацію про результати моделі з виведеним прогнозом та порівнянням цих даних з попередніми та позначку, чи може користувач змінювати дані моделі (відсутня у гостьовому режимі та режимі адміністратора).

Для того, щоб отримати доступ до повного функціоналу, користувачу необхідно увійти в систему під своїм обліковим записом, натиснувши на відповідну кнопку у верхньому лівому кутку (рисунок 4.6).

The screenshot shows a login form titled 'Enter your credentials'. It has a close button (X) in the top right corner. The form contains two input fields: 'Username' with the value 'Zeus' and 'Password' with masked characters '*****'. Below the password field is a 'Login' button. At the bottom of the form is a link that says 'Register new user'.

Рисунок 4.6 – Форма логіну

Якщо такого запису немає, можна створити новий (рисунок 4.7).

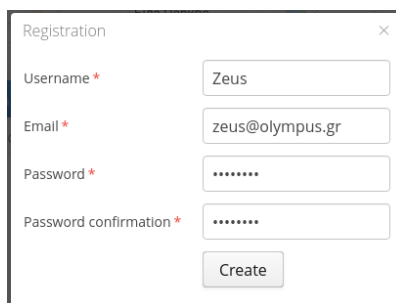

 A registration form titled "Registration" with a close button (X) in the top right corner. It contains four input fields: "Username *" with the value "Zeus", "Email *" with the value "zeus@olympus.gr", "Password *" with masked characters "*****", and "Password confirmation *" with masked characters "*****". A "Create" button is located at the bottom right.

Рисунок 4.7 – Форма реєстрації

Після авторизації користувачі можуть створювати нові локації (рисунок 4.10), моделі (рисунок 4.9) та проекти (рисунок 4.8), змінювати доступні їм моделі. Адміністратор має доступ до перегляду та зміни всіх моделей та проектів. Також по всій системі налаштовані гарячі клавіші Enter та Esc для зручності навігації та взаємодії з системою.

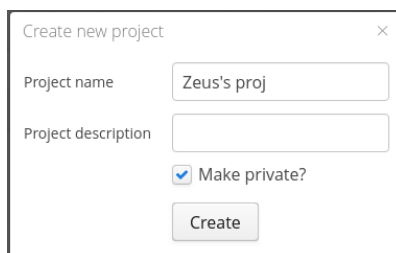

 A form titled "Create new project" with a close button (X) in the top right corner. It contains two input fields: "Project name" with the value "Zeus's proj" and "Project description" which is empty. Below the description field is a checked checkbox labeled "Make private?". A "Create" button is at the bottom right.

Рисунок 4.8 – Вікно створення проекту

При створенні проекту є можливість зробити його приватним - тобто переглядати його зможуть лише підключені до нього користувачі. Після створення проекту він з'являється у меню вибору проекту, одразу підключивши до себе користувача, який його створив.

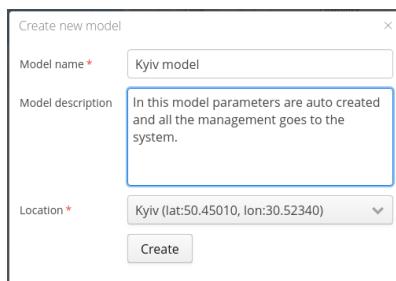

 A form titled "Create new model" with a close button (X) in the top right corner. It contains three input fields: "Model name *" with the value "Kyiv model", "Model description" with the text "In this model parameters are auto created and all the management goes to the system.", and "Location *" with a dropdown menu showing "Kyiv (lat:50.45010, lon:30.52340)". A "Create" button is at the bottom right.

Рисунок 4.9 – Вікно створення моделі

При створенні моделі, ми повинні обрати локацію, до якої буде побудована модель. Якщо потрібної нам локації немає у списку - ми можемо створити свою.

Рисунок 4.10 – Вікно створення локації

Для створенні локації ми повинні вказати її координати (широту та довготу). Додатково у нас є можливість вказати інформацію про дану локації із сервісу Solcast, для можливості оновлення даних моделі на цій локації шляхом HTTP-запиту.

На рисунку 4.11 зображений інтерфейс користувача після входу у систему. У верхньому лівому кутку знаходяться кнопки створення нових елементів. Після створення нової моделі вона з'явиться під картою.

Name	Lat/Lon	Data amount	Forecast(GHI)	Avg GHI	MSE(GHI)	Forecast(Wind)	Avg wind speed	MSE(Wind)	Manageable
Kyiv model	50.45010 / 30.52340	0							2

Рисунок 4.11 – Інтерфейс авторизованого користувача

При переході до деталей моделі (за допомогою натискання кнопки Enter або "Open model") користувачу буде відкрито вікно моделі з відсутніми даними (рисунок 4.12).

При наявності прав на зміну моделі користувач може зберегти коефіцієнти та дані про модель окремо для сонячних та вітряних показників. Також такий користувач може відкрити вікно зміни вхідних даних моделі, за допомогою кнопки під таблицею з даними.

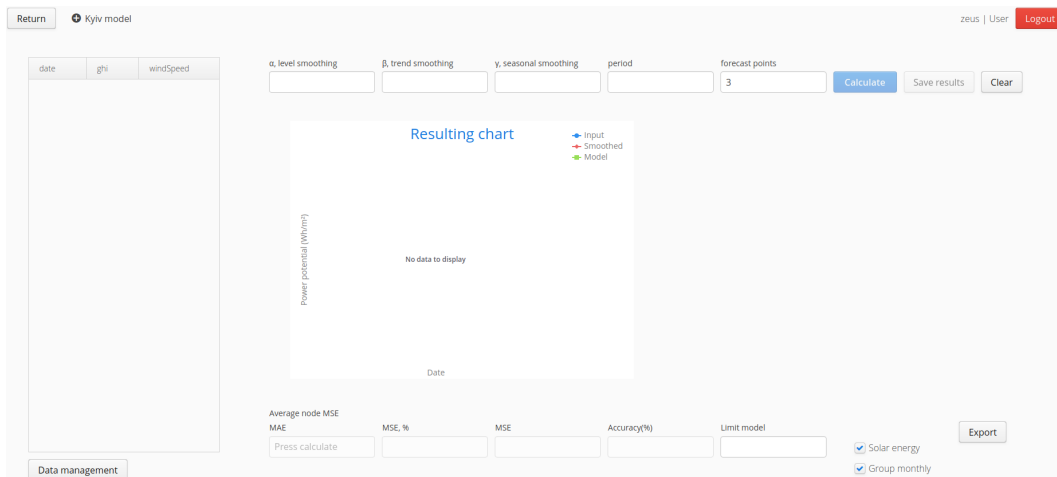


Рисунок 4.12 – Вікно пустої моделі

Для початку роботи в першу чергу необхідно наповнити модель даними через вікно, викликане за допомогою кнопки "Data Management" (рисунок 4.13).

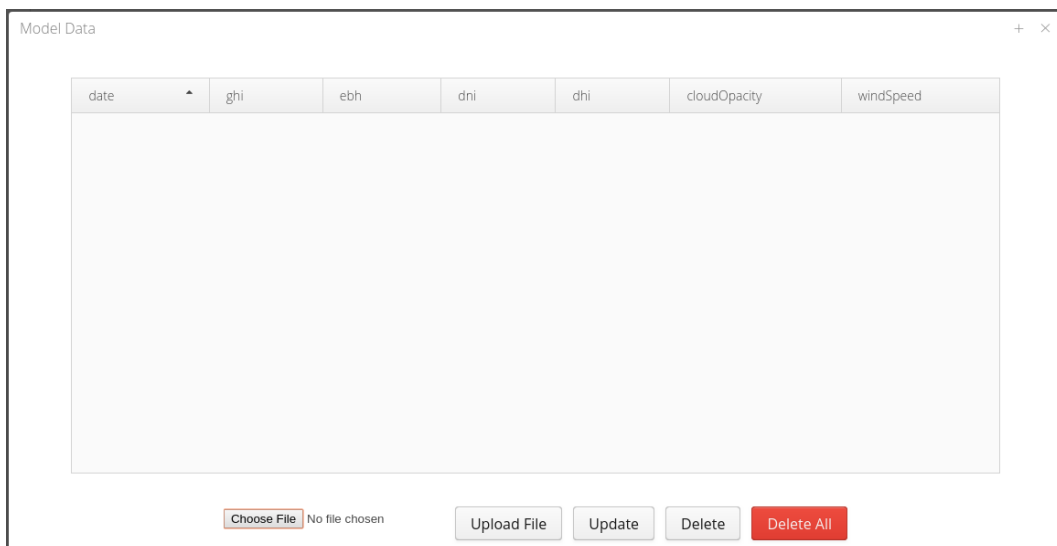


Рисунок 4.13 – Пусте вікно менеджменту даних

У цьому вікні у нас є можливість перегляду всіх даних моделі, видалення деяких або всіх даних та наповнення даних двома шляхами. Наразі модель не має даних, тому цей список пустий.

Для першої загрузки даних бажано використовувати функцію оновлення даних за допомогою файлу, оскільки довжина завантажуваного періоду необмежена. Після вибору CSV-файлу та натисканні кнопки "Upload File" починається парсинг даних та їх агрегація. Після завершення обробки з'явиться вікно із інформацією про обсяг оброблених даних (рисунок 4.14) та запропонує переглянути результати.

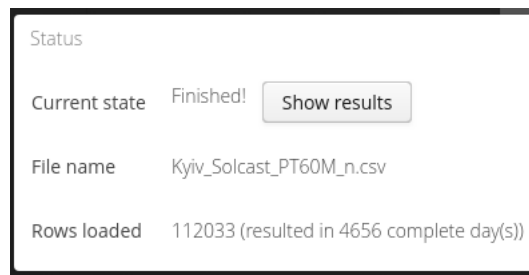


Рисунок 4.14 – Інформація про результати завантаження

У вікні перегляду (рисунок 4.15) користувач може впевнитись у коректності завантажених даних та зберегти їх у базу даних.

date	ghi	ebh	dni	dhi	cloudOpacity	windSpeed
2007-01-03	29	3	15	0	22.45	2.270833333333335
2007-01-04	32	5	23	0	15.18	3.475
2007-01-05	27	3	17	0	24.98	4.708333333333333
2007-01-06	34	6	26	0	30.65	3.483333333333333
2007-01-07	23	2	10	0	59.39	3.770833333333326
2007-01-08	27	2	14	0	38.52	3.658333333333333
2007-01-09	29	4	16	0	37.63	3.3000000000000003
2007-01-10	31	5	23	0	19.2	4.366666666666666
2007-01-11	29	6	34	0	24.69	5.883333333333334
2007-01-12	41	16	60	0	33.22	5.9375

Save to DB

Рисунок 4.15 – Вікно збереження даних

Після оновлення даних вікно менеджменту даних моделі наповниться завантаженими значеннями (рисунок 4.16).

Вищеописаний функціонал оновлення через Solcast API відбувається при натисканні кнопки "Update". Різниця даного способу від попереднього полягає в тому, що при такому запиті можуть бути оновлені лише дані за останні 6 днів.

Якщо дані за якісь дні вже наявні в системі — вони будуть відфільтровані та не будуть включені до результатів. Це було зроблено для того, щоб у системі не дублювались дані. Якщо якийсь період потрібно перезаписати — спочатку потрібно видалити старі дані.

date	ghi	ebh	dni	dhi	cloudOpacity	windSpeed
2007-01-03	29	3	15	0	22.45	2.27
2007-01-04	32	5	23	0	15.18	3.48
2007-01-05	27	3	17	0	24.98	4.71
2007-01-06	34	6	26	0	30.65	3.48
2007-01-07	23	2	10	0	59.39	3.77
2007-01-08	27	2	14	0	38.52	3.66
2007-01-09	29	4	16	0	37.63	3.3
2007-01-10	31	5	23	0	19.2	4.37
2007-01-11	29	6	34	0	24.69	5.88
2007-01-12	41	16	60	0	33.22	5.94

Choose File No file chosen

Upload File

Update

Delete

Delete All

Рисунок 4.16 – Вікно менеджменту даних

Після завантаження статистичних даних, модель готова до побудови прогнозу. Від користувача необхідно тепер лише обрати періодичність даних, опції моделі та кількість побудованих прогнозних точок. На рисунку 4.17 зображена побудована модель швидкості вітру, дані агреговані по місяцях на 12 місяців вперед.

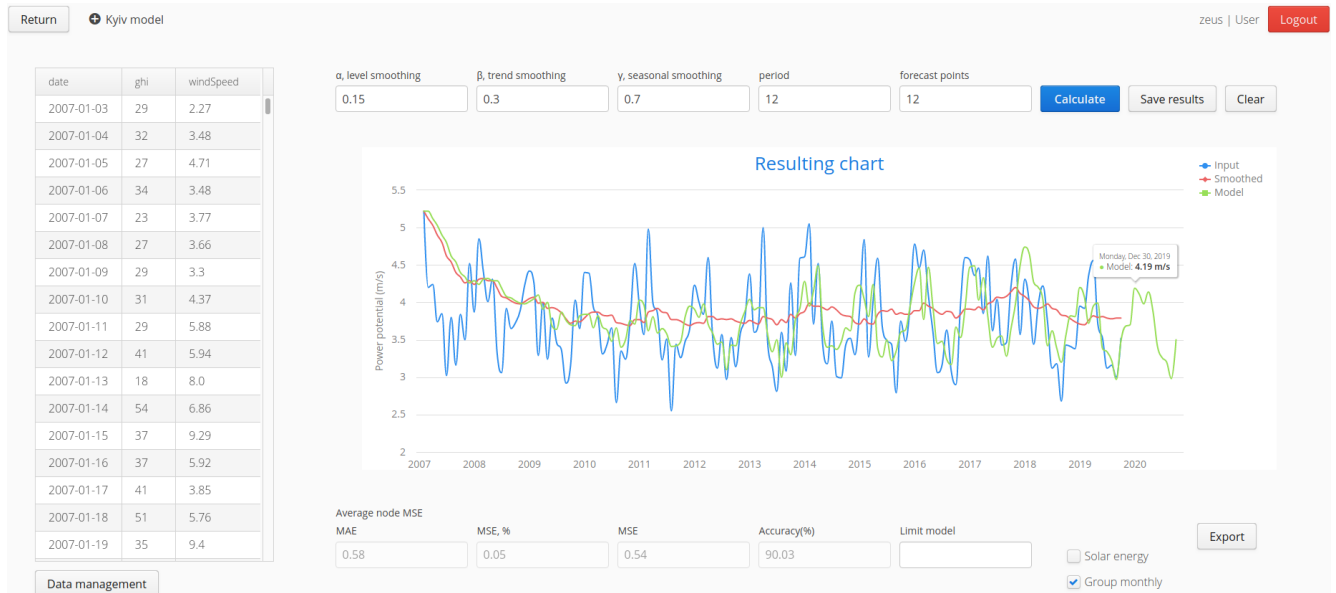


Рисунок 4.17 – Побудована модель

Графік є інтерактивним: користувач може наблизити той період, який йому цікаво, отримати точне значення моделі у точці та накладати або ховати графіки.

Тепер, коли усі дані присутні, можна приступити до повного огляду елементів вікна моделі.

У верхньому лівому кутку знаходиться кнопка навігації користувача до проекту, у якому знаходиться модель. Правіше - згорнута інформація про проект. На рисунку 4.18 вона зображена у розгорнутому вигляді. У правому верхньому кутку знаходиться інформація про користувача та кнопка виходу із системи.

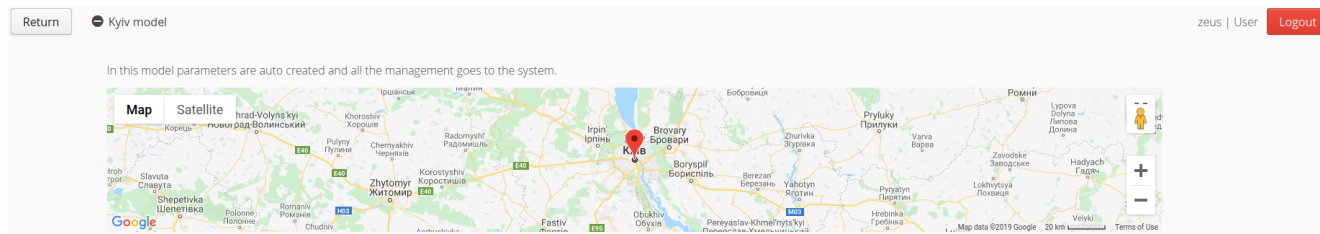


Рисунок 4.18 – Побудована модель

У лівій частині вікна знаходиться таблиця з даними моделі, відсортованими по даті, та з можливістю сортування по іншим колонкам. Під нею знаходиться кнопка менеджменту даних.

У верхній частині — параметри моделі: коефіцієнти, довжина періоду та кількість прогнозних точок, при заповненні відбувається валідація, тож при некоректному вводити система оповістить користувача про помилку та дасть інформацію про дозволені значення. На рисунку 4.19 зображена поведінка системи при некоректно введеному коефіцієнті.

Рисунок 4.19 – Приклад валідації поля

При натисканні Enter або кнопки “Calculate” буде здійснено розрахунок моделі. Якщо якийсь із коефіцієнтів не був заповнений, то буде підібраний найбільш оптимальний. Розрахунок оптимальних коефіцієнтів відбувається шляхом штучного обмеження моделі деяким періодом, перебором можливих комбінацій коефіцієнтів та порівнянням отриманого прогнозу із реальними даними. Така процедура проводиться за кожен рік, за який наявні дані. Саме це значення було взято за показник точності прогнозу (Assurasy).

Внизу присутні показники відхилення моделі від вхідних даних, вікно для штучного обмеження даних моделі заданою датою, для порівняння існуючих даних з їх побудованим прогнозом та опції моделі — перемикач між сонячними

та вітряними даними та агрегація щоденних даних у щомісячні. Поряд знаходиться кнопка експорту результатів прогнозу, який може бути використаний для переносу результату у іншу систему. Приклад файлу, отриманого в результаті експорту, зображено на рисунку 4.20.

	A	B	C	D	E
1	level	trend	season	period	accuracy
2	0.15	0.3	0.7	12	0.9003
3	date	ghi	wind speed		
4	2019-12	83.84	3.68		
5	2020-01	35.43	3.7		
6	2020-02	21.1	4.19		
7	2020-03	38.54	4.11		

Рисунок 4.20 – Експортований файл

При наявності прав на зміну моделі користувач може зберегти коефіцієнти та дані про модель окремо для сонячних та вітряних показників. Також такий користувач може відкрити вікно зміни входних даних моделі, за допомогою кнопки під таблицею з даними.

На рисунку 4.21 зображена модель, побудована для прогнозу показників GHI, не була згрупована помісячно та була штучно обмежена груднем 2016 року, для порівняння прогнозних даних із реальними.

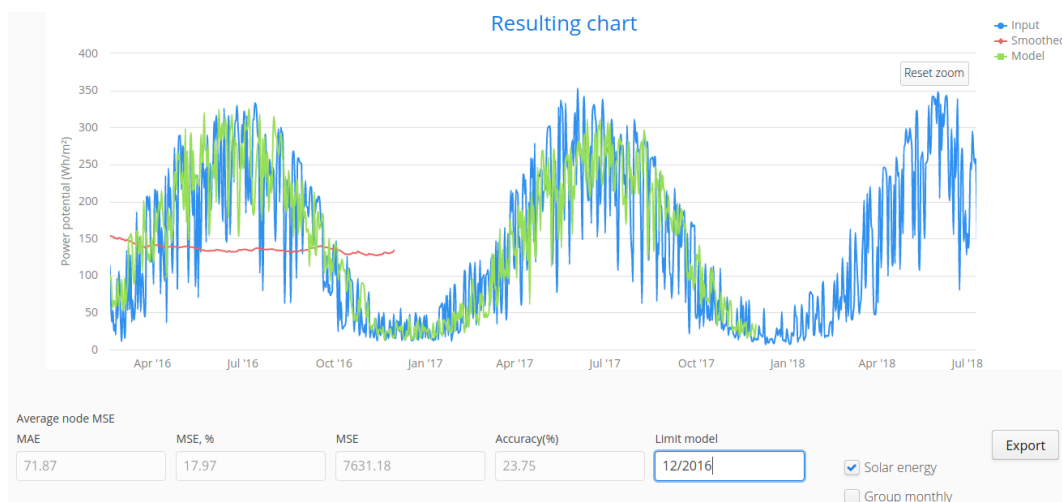


Рисунок 4.21 – Побудована за щоденними даними модель

Точність такої моделі є досить низькою, через слабку залежність значення показників ВДЕ від показників ВДЕ у той самий день минулого року, на відміну від показників місячної залежності, яка є досить високою.

Висновки до розділу 4

У даному розділі було розглянуто архітектурні рішення, що були прийняті у процесі розробки системи. У побудованій діаграмі прецедентів наглядно видно як і які користувачі взаємодіють із системою, які повноваження мають ті чи інші групи користувачів.

Була побудована діаграма компонентів яка дає достатнє розуміння, як взаємодіють між собою модулі системи та взаємодію системи із зовнішніми сервісами та користувачем.

Була побудована модель бази даних із дотриманням нормальних форм. На діаграмі чітко видно зв'язки таблиць та типи відношень між ними, що дає розуміння про структуру та взаємодію елементів між собою.

Все це надає достатнє для використання розуміння наявного функціоналу системи без заглиблення у технічні деталі реалізації.

Також у цьому розділі була надана вичерпна інструкція по використанню системи користувачем, її особливості та можливості.

5 СТАРТАП-ПРОЕКТ

Розділ містить економічне обґрунтування стартап-проекту "Система прогнозування показників ВДЕ" та має на меті ознайомлення з економічними та функціональними характеристиками майбутнього проекту, впровадження у використання та економічними аспектами його реалізації.

5.1 Ідея проекту

Опис основної ідеї майбутнього стартап-проекту наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Система, що аналізує актуальний стан ВДЕ та надає прогнозні значення на великий проміжок часу	Порівняння кількості ВДЕ на довільній території	Можливість максимізувати рентабельність встановленої електростанції
	Прогнозування кількості ВДЕ	Планування електроживлення системи

таблиця спрямована на ознайомлення з економічними та функціональними перевагами майбутнього проекту. Для оцінки конкурентоспроможності та можливостей та складності запуску стартапу були проведені порівняння з низкою потенційних конкурентів, до яких можна було застосувати вибрані порівняння. Результати порівняння наведені в таблиці 5.2.

Також в цій таблиці наведено порівняння із рядом потенційних конкурентів, що надає можливість оцінити конкурентоспроможність продукту, можливості і складності виходу його на ринок.

Таблиця 5.2 – Визначення характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Товари/концепції конкурентів			W	N	S
		Мій проект	К-т 1	К-т 2			
1	Форма виконання	Веб-сервіс	Додаток	Веб-сервіс		+	
2	Спеціалізованість	Висока	Низька	Висока			+
3	Довжина прогнозу	Висока	Середня	Низька			+
4	Кросплатформеність	Так	Ні	Так			+
5	Доступ до мережі	Необхідний	Ні	Необхідний	+		
6	Собівартість	Низька	Середня	Висока			+

Сильні сторони полягають у спеціалізованості проекту, низькій вартості впровадження та кросплатформеності, що сприяє швидкому запуску продукту. Якість та довжина побудови прогнозу також є перевагою.

Мінусом є необхідність підключення до мережі Інтернетом.

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Було проведено аудит технологій, за допомогою яких може реалізований проект (технології створення товару), результати наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технології	Доступність технології
1	Створення системи сервісів	Angular, Ruby	Наявна	Безкоштовна, доступна
		Java, Vaadin, SpringBoot	Наявна	Безкоштовна, доступна
		React, NodeJS	Наявна	Безкоштовна, доступна
Для створення сервісу обрані технології (Java, Vaadin, SpringBoot), які є безкоштовними, доступними та добре дослідженими потенційними розробниками				

Для створення сервісу обрані технології, які є безкоштовними, доступними та добре дослідженими потенційними розробниками. Надано результати огляду основних стеків технологій, що можуть бути використані з метою реалізації системи описаного вище стартап-проекту. Було обрано стек технологій, що не потребує доопрацювань та додаткових витрат.

5.3 Аналіз ринкових можливостей

Визначення ринкових можливостей, які можуть бути використані протягом реалізації проекту та ринкових загроз, які можуть перешкоджати впровадженню проекту, дозволяє планувати напрямки розвитку проекту з урахуванням стану ринку, потреб потенційних клієнтів та проектних пропозицій конкурентів.

Було проведено аналіз попиту: його наявність, обсяг, динаміка розвитку ринку. Результати аналізу представлені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	12500 грн./ум.од
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Немає
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Конфіденційність отриманих моделей
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	$R = (3000000 * 100) /$ $(1000000 * 12) = 25\%$

У цій таблиці надано результати аналізу характеристик ринкового попиту. На ринку присутні два основні представники, та загальний обсяг продаж є незначним. Також ріст динаміки ринку та відсутність значних обмежень для

входу на ринок дозволяють виконати стартап-проект з характеристиками, що наведені.

Необхідні для виходу ринок дії залежать в тому числі і від потенційних споживачів. Аналіз цільових аудиторій споживачів даного продукту наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Система, що дозволяє проводити оцінку та планування кількості отриманої електроенергії з ВДЕ	Власники об'єктів відновлювальної енергетики	Очікується зацікавленість власників електростанцій, що продають енергію за ”зеленим тарифом”	Надійність та довжина прогнозу

Згідно з результатами аналізу цільових аудиторій споживачів описаного продукту, наведеного у таблиці 5.5 та необхідного для виходу на ринок, що описано в таблиці 5.4 слід спрямовувати зусилля на активне просування проекту в приватних домогосподарствах та електростанціях.

Досить важливим процесом для виходу на ринок є аналіз можливих загроз стартап-проекту, що можуть спричинити перешкоди для його розвитку. Результати відповідного аналізу наведено у таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Динаміка ринку	Уповільнення зростання ринку	Співпраця з іншими компаніями для поліпшення ситуації на ринку
			Розширення на суміжні ринки
2	Конкуренція	Поява на ринку великої компанії	Вихід з ринку
			Запропонувати великій компанії поглинути себе
			Надати додаткові переваги власного продукту лише за появи сильного конкурента
3	Конкуренція	Поява іноземних конкурентів з дешевими товарами	Акцентування уваги на якості результату, що надає продукт (або ж на будь якій іншій явній перевазі відповідно до таблиці 5.2)
4	Потреби користувачів	Користувачам необхідний інший функціонал	Надання нового функціоналу вже існуючій системі
5	Держава	Зростання податків	Перегляд виконання умов, що зменшують податки
			Поступове підвищення тарифів

Відповідно до результатів даного аналізу та даних, описаних у таблиці 5.4, існує ряд ризиків які слід враховувати при планування виходу продукту на ринок та мати орієнтовні сценарії їх мінімізації та компенсування їх впливу. Такі сценарії наведені в таблиці вище.

Аналогічно до загроз стартап-проекту, важливою частиною є огляд можливих сприятливих умов, використання яких може значно покращити становище стартап-проекту та надати перевагу порівняно із конкурентами. Такі сприятливі умови та можливі сценарії розглянуто у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Можливості користувачів	Зростання можливостей потенційних покупців	Таргетингова реклама
2	Конкуренція	Зниження довіри до конкурента 1 внаслідок помилок в функціонуванні	Акцентувати увагу на надійності системи
3	Технології	Поява нових технологій	Аналіз технології, включення нових модулів до системи
4	Держава	Послаблення обмежень в законодавстві	Оптимізація діяльності для скорочення витрат

Згідно з результатами аналізу можливих сприятливих умов для описаного продукту, наведеного у таблиці 5.7 і вкрай бажаного для виходу на ринок, описаний у таблиці 5.6, існує ряд можливих реакцій, правильне застосування яких може віддати перевагу в порівнянні з конкурентами. Конкуренція на ринку може стати як причиною занепаду компанії, так і стимулом, завдяки якому стартап-проект значно поліпшить якість своїх послуг і отримає корисний для майбутнього розвитку досвід.

У зв'язку з цим у таблиці 5.8 наведено аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку стартап-проекту. Згідно з результатами аналізу пропозиції описаного продукту, наведеного у таблиці 5.8 і необхідного для виходу на ринок, описаний у таблиці 5.4, певні спільні риси конкуренції на ринку стартап-проекту і зазначено можливий вплив на діяльність підприємства - можливі дії і заходи компанії, спрямовані на підвищення її конкурентоспроможності.

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Характеристика конкурентного середовища	Особливість конкурентного середовища	В чому проявляється характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Тип	Чиста	Існує 2 фірми-конкуренти на ринку	Врахувати ціни конкурентних компаній на початкових етапах створення бізнесу, реклама
Рівень конкурентної боротьби	Міжнародне	Один зарубіжний конкурент	Додати можливість вибору мови ПЗ, щоб легше було у майбутньому вийти на міжнародний ринок
Галузева ознака	Міжгалузева	Конкуренти мають ПЗ, який може використовуватися за межами галузі прогнозування ВДЕ	Проектування системи із закладеною можливістю додання інших типів даних для прогнозування.
Вид товарів	Між бажаннями	Різний тип товарів	Захоплення та утримання нішової вигоди
Характер конкурентних переваг	Нецінове	Вдосконалення технології створення ПЗ, для зменшення його собівартості	Використання менш дорогі технології, більш ефективні методології
Інтенсивність	Немарочне	Бренди відсутні	-

Як зазначалося вище, конкуренція відіграє важливу роль у розвитку компанії. У зв'язку з цим у таблиці 5.9 представлений аналіз конкуренції в галузі області кількох складових, по кожній з яких даються висновки.

Таблиця 5.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти (бар'єри входження в ринок)	Фактори сили постачальників	Фактори сили споживачів	Фактори загроз з боку товарів-замінників
Висновки	Існує 2 конкуренти на ринку Найбільш схожим є 2 конкурент	Можливості для входу на ринок наявні Надане рішення полегшує менеджмент електро-станцій	Можливі підвищення цін на статистичні дані	Важливим для користувача є зручність у користуванні	Використання дешевших технологій створення ПЗ. Менша собівартість товару

Згідно з результатами аналізів пропозиції описаного продукту, наведеного в таблиці 5.9 та для необхідного виходу на ринок, описаного у таблиці 5.4, визначено основні особливості конкуренції на ринку стартап-проекту і зазначено висновки щодо кожної зі складових проведеного аналізу для високої конкурентноспроможності.

На основі аналізу конкуренції із урахуванням характеристик ідеї проекту, вимог споживачів до товару та факторів маркетингового середовища (таблиця 5.8 та таблиця 5.9) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності що наведено у таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Кросплатформність	Відсутність жорстких вимог до платформи для встановлення
2	Спеціалізованість	Має необхідний набір інструментів для використання в професійній сфері

Відповідно до результатів аналізу конкурентоспроможності продукту, наведеного в таблиці 5.10 та необхідного для виходу на ринок, описаного в таблиці 5.4, обґрунтовано наступні фактори конкурентоспроможності:

- кросплатформність;
- спеціалізованість.

Ці переваги також було розкрито в таблицях 5.6 та 5.7.

Після отримання результату аналізів факторів конкурентоспроможності було проведено аналіз його сильних і слабких сторін, результат якого наведено у таблиці 5.11 за використання оцінки конкурентоспроможності за 20-бальною шкалою.

Таблиця 5.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з нашим підприємством						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Кросплатформність	13			+				
2	Спеціалізованість	18		+					
3	Необхідність в доступі до Інтернету	7					+		

Згідно з результатами аналізу недоліків і переваг стартап-проекту, наведеного у таблиці 5.10 та необхідних умов для виходу на ринок, описаних в таблиці 5.4, було визначено, що найбільшою перевагою стартап-проекту є його спеціалізованість, що надає можливість розширення функціоналу вже існуючої системи; а також кросплатформність, що дозволяє не висувати жорстких вимог до платформи, на якій буде розміщена система.

Результати аналізу, що надані в таблиці 5.11, було використано для проведення SWOT-аналізу, що є завершувальним етапом ринкового аналізу можливостей щодо впровадження стартап-проекту. Отримані результати було представлено у вигляді матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін стартап-проекту, зазначених в таблиці 5.2, загроз (Troubles) з таблиці 5.6 та можливостей (Opportunities) з таблиці 5.7. Результати SWOT-аналізу представлені на таблиці 5.12

Таблиця 5.12 – SWOT-аналіз стартап-проекту

S	Можливість довгострокового прогнозування, інтеграція із зовнішніми системами	Необхідність в доступі до Інтернету Залежність від зовнішнього сервісу надання статистичних даних	W
O	Таргетингова реклама, акцентування уваги на надійності системи та спеціалізованості рішення. Зайняття ниші у зеленій енергетиці	Надання додаткового функціоналу тільки за появи сильного конкурента; поступове підвищення тарифів; перегляд виконання умов, що зменшують податкові витрати	T

На основі SWOT-аналізу було розроблено перелік заходів для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок за цей період. Для визначених альтернатив виконано аналіз з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, результати якого наведено у таблиці 5.13

Таблиця 5.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Створення ПЗ у вигляді веб-додатку	80%	6 місяців
2	Створення ПЗ у вигляді десктопного додатку	60%	6 місяців

Відповідно до результатів аналізу з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, наведеного у таблиці 5.10, для реалізації проекту більш доцільним є вибір альтернативи 1 - Створення ПЗ у вигляді веб-додатку, так як вона передбачає вищу ймовірність отримання ресурсів у ті самі строки реалізації - 6 місяців, тобто є переважною.

5.4 Розробка ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів. Також вона дає змогу обрати саме ті методи маркетингу, які забезпечують концентрацію ресурсів у тих сферах діяльності, де стартап-проект має максимальні переваги або принаймні мінімальні недоліки. Для виділення сегментів і вибору цільового сегмента було раховано масштаб ринку й тенденції, що складаються на ньому.

Опис цільових груп потенційних користувачів стартап-проекту, наведені в таблиці 5.14, дозволяють визначити які переваги продукту є можливість використати для виходу на цей сегмент ринку, а також чи є доцільною витрата ресурсів для впливу на певну групу.

Таблиця 5.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Приватні домо- господарства	Контроль генерації електроенергії	Середній	Низька	Середня
2	Приватні електростанції	Контроль генерації електроенергії, пошук оптимального місця для встановлення генератора	Високий	Середня	Середня
3	Потенційні власники електро- генераторів	пошук оптимального місця для встановлення генератора	Низький	Низька	Середня
Обрано цільові групи: Приватні домогосподарства, Приватні електростанції					

За наведеними результатами аналізу було обрано дві основні цільові групи, яким проект буде запропоновано до використання. Для максимально ефективного впровадження продукту в обраних групах необхідно розробити стратегію охоплення ринку. Результати наведені в таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентно- спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Створення прогнозного веб-сервісу	Ринкове позиціонування	Спеціалізованість, кросплатформність, простота у використанні	Диференціація

Після визначення базової стратегії розвитку, представленої у таблиці 5.15, було обрано оптимальну за альтернативою, обраною у таблиці 5.13, що має задовольняти основні потенційні групи користувачів стартап-проекту, розглянутим у таблиці 5.14.

Згідно з результатами отриманими в ході вибору базової стратегії розвитку, що включає в себе такі компоненти як конкурентноспроможні позиції, стратегія охоплення ринку та альтернатива розвитку було обрано диференціальну базову стратегію. Також необхідним є і вибір стратегії конкурентної поведінки, наданий в таблиці 5.16.

Таблиця 5.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	”Першопроходець” на ринку	Агресивний пошук нових споживачів	Копіювання основних характеристик у конкурентів	Стратегія конкурентної поведінки
1	Ні	Так	Спеціалізованість, кросплатформність	Диференціація

За результатами визначення базової конкурентної поведінки, представленими в таблиці 5.16, було обрано оптимальну стратегію конкурентної поведінки за використання основних характеристик-переваг конкурентів, описаних у таблиці 5.2, для якої були зазначені наявність агресивного пошуку

споживачі та зайняття конкурентної ніші як стратегія безпосередньо, що має надати можливість ефективної боротьби з вищезгаданими конкурентами.

На основі вимог споживачів основних сегментів, описаних у таблиці 5.14, до стартап-компанії та її системи сервісів, а також зважаючи на її базову стратегію розвитку і стратегії зайняття конкурентної ніші, було розроблено стратегію позиціонування, а саме було сформовано ринкову позицію як комплекс асоціацій, для ідентифікації споживача торгівельної марки та проекту.

Таблиця 5.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто- спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Спеціалізо- ваність, точність	Диференціація	Спеціалізованість, кросплатформність, точність	Спеціалізованість Кросплатформеність Точність

За результатами, представленими в таблиці 5.17, було обрано оптимальну стратегію позиціонування проекту з орієнтації на основні вимоги цільової аудиторії до товару. Із таблиці 5.15, в якості асоціацій було обрано дві основні переваги, які задовольняють поставленим вимогам: простота та адаптивність. Третьою позицією було обрано основну вимогу до будь-яких проектів в даній сфері - конфіденційність.

5.5 Розробка маркетингової програми

Спочатку необхідно сформувати маркетингову концепцію товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 5.18 було підсумовано результати попереднього аналізу конкурентоспроможності нашого товару.

Таблиця 5.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Спеціалізованість	Наявність необхідного інструментарію	Можливість побудови прогнозу за багатьма показниками
2	Якість прогнозу	Надійність отриманих даних	Точність - 90% Довжина - 12 місяців

За результатами визначення ключових переваг концепції потенційного товару, представленими у таблиці 5.18, було розглянуто основні потреби на ринку та проведено оцінку вигод проекту.

Було визначено ключові переваги перед конкурентами, що задовольняють наведеним основним потребам. Такими ключовими перевагами стали наявність спеціалізованого інструментарію для максимізації зручності використання системи оператором та надійність і довжина побудованих прогнозних даних.

У таблиці 5.19 наведено трирівневу маркетингову модель товару.

1-й рівень. Задум товару - засобом вирішення якої проблеми / потреби буде товар, його основна вигода (основа технічного завдання).

2-й рівень. Рішення реальної реалізації товару: якість, властивості, упаковка.

3-й рівень. Товар з підкріпленням (супроводом) - додаткові послуги та переваги для споживача, що створюються на основі товару за задумом і товару в реальному виконанні (гарантії якості, доставка, умови оплати та ін).

В таблиці 5.19 представлені результати виконання трирівневої маркетингової моделі товару, були визначені головний задум товару, його властивості та характеристики, назва, стандарт якості та маркування.

Було визначено підкріплення товару - сезонні знижки на підписку та служба постійної підтримки користувача.

Таблиця 5.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Система, що будує прогноз кількості ВДЕ за різними параметрами на довільній території		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості / характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Кросплатформність	Нм	Технологічна
	2. Спеціалізованість	Нм	Технологічна
	3. Якість	Нм	Технологічна
	4. Простота	Нм	Технологічна
	Якість: згідно до стандарту ISO 4444 буде проведено тестування		
	Маркування відсутнє		
	Назва компанії "Holt-NG"		
III. Товар із підкріпленням	Сезонні знижки		
	Служба підтримка користувачів		
Потенційний товар буде захищено від копіювання за рахунок: патенту, електронних ключів			

Також були визначені засоби захисту від копіювання: патент на законодавчому рівні та електронні ключі на фізичному рівні.

Було визначені основні цінові межі, якими слід керуватись при встановленні на потенційний товар ціни, в ході чого експертним методом був проведений аналіз ціни на аналоги або товари субститутути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів, результати якого представлені в таблиці 5.20.

Таблиця 5.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари- замінники, грн	Рівень цін на товари- аналоги, грн	Рівень доходів цільової групи споживачів, грн	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу, грн
1	30 000	43 000	40 000	25000-47000

Було визначено оптимальну систему збуту, в межах якого приймається рішення, результати представлені у таблиці 5.21.

Таблиця 5.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Придбання місячної або річної підписки	Продаж	0 (напрямую) 1 (через одного посередника)	Власна та через посередників

Після визначення основних цінових меж та оптимальної системи збуту, представленими у таблиці 5.20 та у таблиці 5.21, із врахуванням цін на аналоги та субституту було встановлено верхню та нижню цінові границі.

Далі було сформовано маркетингову стратегію, що описана у таблиці 5.22.

Таблиця 5.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціо- нування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Придбання ліцензії шляхом придбання періодичної підписки	Інтернет	Спеціалізо- ваність, Кросплатфор- меність, Точність	Власна та через посередників	Таргетингова реклама, Демо-ролик

В якості останньої складової маркетингової програми було розроблено концепцію маркетингових комунікацій, для чого було використано результат попереднього вибору основи для позиціонування та визначену специфіку поведінки клієнтів, результати розробки якої наведено у таблиці 5.22.

Згідно з результатами розробки концепції маркетингових комунікацій, представленими у таблиці 5.22, з використанням результатів формування системи збуту, представлених у таблиці 5.21, було визначено специфіку поведінки цільових клієнтів.

Інтернет використовується як основний канал комунікації цільових клієнтів; Спеціалізованість, Кросплатформеність, Точність як головні позиції; сформовані завдання рекламного повідомлення, як рекламна концепція.

Висновки до розділу 5

Згідно з проведеними дослідженнями існує можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки даний ринок швидко зростає та на ньому практично відсутня конкуренція. Потрібно відмітити, що існують перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, є досить невисокими.

В ході складання документації було сформовано ідею стартап-проекту “Система прогнозування показників ВДЕ”, наведено порівняння із потенційними конкурентами, що надало можливість оцінити конкурентноспроможність та можливість і складності виходу стартапу на ринок; надано результати огляду стеків технологій, що можуть бути використані з метою реалізації системи стартап-проекту та було обґрунтовано та обрано оптимальний стек; надано результати аналізу характеристик попиту на ринку; виконано аналіз цільових груп клієнтів описаного продукту; проаналізовано можливі фактори загроз та аналіз можливих сприятливих умов для стрімкого розвитку стартап-проекту.

Було проведено порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту, результати яких пізніше були використані для SWOT-аналізу стартап-проекту. Також було проведення обґрунтування факторів конкурентноспроможності. Було розроблено маркетинговий план, обрано цільові групи споживачів та визначено

базову стратегію розвитку та стратегії конкурентної поведінки та позиціонування.

В рамках даного дослідження було проведено розрахунок основних фінансово-економічних показників проекту, та моніторинг потенційних ризиків.

Проаналізувавши отримані результати та взявши до уваги ризики, було зроблено висновок, що подальша імплементація є доцільною.

ВИСНОВКИ

Перед початком написання дипломного проекту було проведено аналіз доступних мов програмування і технологій. Основними вимогами було до вибору мови програмування, щоб вона була високорівнева, об'єктно орієнтовна та кросплатформенна. Легке створення користувацького інтерфейсу була досягнута фреймворком Vaadin, що надає гнучкі можливості побудови веб-додатків.

У ході виконання дисертації була створена система, що надає можливість проводити планування використання ВДЕ для енергозабезпечення території. Реалізована система надає можливість будувати прогноз кількісних показників ВДЕ, які можуть бути використані при плануванні енергозабезпечення.

У системі було реалізовано:

- побудову прогнозу з використанням моделі Хольта-Вінтерса;
- автоматичний підбір коефіцієнтів моделі;
- древоподібну ієрархію елементів моделі;
- побудову графіків зміни погодних умов за обраними критеріями;
- короткої інформації про основні показники моделі у головному вікні проекту;
- можливість порівняння даних існуючих моделей у рамках проекту;
- підтримку кількох типів ВДЕ — сонячних та вітрових;
- агрегацію вхідних даних у більші часові періоди;
- оновлення даних існуючих моделей двома шляхами - за допомогою CSV-файлу та HTTP-запиту до серверу зі статистичними даними;
- створення нових моделей на новій або існуючій місцевості;
- надання даних для побудови звітів;
- налаштування прав доступу користувачів;
- налаштування прав приватності проектів та моделей;
- керування сесіями користувачів.

Впровадження даної системи прогнозування забезпечить власників об'єктів відновлювальної енергетики інструментами для зручного керування та планування енергетичних витрат на великий проміжок часу.

Потенційними користувачами програмного продукту є потенційні власники СЕС та вітрогенераторів, власники домогосподарств, що

використовують відновлювально енергетику як основний або додатковий спосіб живлення та власники підприємств, що продають електроенергію за "зеленим тарифом" або використовують її для живлення власних об'єктів.

Для розробки системи була використана інтегрована система розробки IntelliJ IDEA, мова Java.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища [Електронний ресурс] – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-1/section-1/>.
2. ЧАСТКА ВДЕ В ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ (III КВАРТАЛ 2019) [Електронний ресурс] – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://kosatka.media/uk/category/vozobnovlyayemaya-energia/analytics/chastka-vde-v-virobnictvi-elektrichnoji-energiji-iii-kvartal-2019>.
3. Публічний звіт Голови Держенергоефективності [Електронний ресурс] – 2018. – Режим доступу до ресурсу: http://saee.gov.ua/sites/default/files/2018_19_report_07_02_2019.pdf.
4. Експертні методи прогнозування [Електронний ресурс] – 2010. – Режим доступу до ресурсу: http://avionics.nau.edu.ua/files/doc/%D0%93%D0%BB%D0_7_56.doc
5. Методи та моделі економічного прогнозування [Електронний ресурс] – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <https://library.if.ua/book/72/5247.html>
6. Holt-Winters' seasonal method | Forecasting: Principles and Practice [Електронний ресурс] – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://otexts.com/fpp2/holt-winters.html>
7. Revenue Forecasting using Holt–Winters Exponential Smoothing [Електронний ресурс] – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/311945797_Revenue_Forecasting_using_Holt-Winters_Exponential_Smoothing.
8. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХОЛЬТА-ВИНТЕРСА ПРИ АНАЛИЗЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДИНАМИКИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ [Електронний ресурс] – 2019 — Режим доступу до ресурсу: <http://masters.donntu.org/2017/fknt/vudvud/library/article6.pdf>
9. Кириллов В. И. Квалиметрия и системный анализ : учеб. пособие / В. И. Кириллов. – Минск : Новое знание; М. : Инфра-М, 2011. – 440 с. – (Высшее образование).
10. Пузанова И. А. Интегрированное планирование цепей поставок : учебник для бакалавриата и магистратуры / И. А. Пузанова ; под ред. Б. А. Аникина. – М. : Юрайт, 2014. – 320 с.

11. Прогноз по методу экспоненциального сглаживания с трендом и сезонностью Хольта-Винтерса [Электронный ресурс]. – 2016 — Режим доступа до ресурсу: <http://4analytics.ru/prognozirovanie/prognoz-po-metodueksponencialnogo-sglajivaniya-s-trendom-i-sezonnostyu-xoltavintersa>.
12. Основы современной энергетики. В 2 томах. Том 2. Современная электроэнергетика. — М.: МЭИ, 2010. — 646 с.
13. Вітроенергетика та енергетична стратегія / Оніпко О. Ф., Коробко Б. П., Миханюк В. М., 2008. — 544 с. — (УАН, Фенікс).
14. Рассел, Джесси Альтернативная энергетика / Джесси Рассел. — М.: VSD, 2013. — 898 с.
15. Зеленый прибуток [Электронный ресурс] – 2019 — Режим доступа до ресурсу: <http://gprofit.in.ua/>
16. Design and operation of an irradiance measurement network [Электронный ресурс] – 2014 — Режим доступа до ресурсу: <https://core.ac.uk/download/pdf/31013742.pdf>
17. Summary on Solar Measurement [Электронный ресурс] – 2014 — Режим доступа до ресурсу: <https://www.ammonit.com/en/wind-solar-wissen/solarmessung>
18. Кашкаров, Андрей Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции / Андрей Кашкаров. — М.: ДМК Пресс, 2011. — 534 с.
19. WindWX:® Specialized Forecast Solutions [Электронный ресурс] – 2019 — Режим доступа до ресурсу: <https://globalweathercorp.com/windwx.html>
20. SolarWX® GHI and Estimated Power Output Forecast Service [Электронный ресурс] – 2019 — Режим доступа до ресурсу: <https://globalweathercorp.com/solarwx.html>
21. Meteo For Energy - Servicios meteorológicos para plantas renovables [Электронный ресурс] – 2019 — Режим доступа до ресурсу: <https://www.meteoforenergy.com>
22. Solar Irradiance Data [Электронный ресурс] – 2019 — Режим доступа до ресурсу: <https://solcast.com>
23. Weather Sites – Solcast API Documentation [Электронный ресурс] – 2019 — <https://docs.solcast.com.au/#weather-sites>
24. Novo Forecast Enterprise [Электронный ресурс] – 2019 — Режим доступа до ресурсу: <https://novoforecast.com>

25. Фридман А. Построение Интернет-приложений на языке Java. / Анатолий Фридман. — М.: Горячая линия-Телеком, 2012. — 285 с.
26. Блох Д. Эффективная Java / Джошуа Блох., 2019. — 464 с.
27. Book of Vaadin [Электронный ресурс] – 2014 — Режим доступа до ресурсу: <https://vaadin.com/book>
28. Бауэр К. Java Persistence API и Hibernate / К. Бауэр. — М.: ДМК Пресс, 2017. — 810 с.
29. Рассел Дж. Hibernate (библиотека) / Джесси Рассел. — М.: VSD, 2013. — 560 с.
30. MySQL — руководство администратора. — М.: Вильямс, 2005. — 621 с.
31. Яргер Р.Дж. MySQL и mSQL: Базы данных для небольших предприятий и Интернета / Р.Дж. Яргер, Дж. Риз, Т. Кинг. — М., СПб: Символ-Плюс, 2000. — 560 с.

ДОДАТОК А

Використання методів прогнозування
при демонтажу нестабільних конструкцій під НБК

Публікації

УКР.НТУУ “КПІ”. ТМ-4225_19М

Аркушів 5

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
Теплоенергетичний факультет

Київська державна академія водного транспорту
імені П.Конашевича-Сагайдачного

Інститут кібернетики ім.В.М.Глушкова НАН

Ризький технічний університет (Латвія)

IV Міжнародна науково-практична дистанційна
конференція молодих вчених і фахівців
з розробки програмного забезпечення

«СУЧАСНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ»

30 квітня 2017

м. Київ

ЗМІСТ

<i>Антонюк К.В., Сидоренко Ю.В. Технології геометричного моделювання об'єктів і процесів</i>	<i>7</i>
<i>Бараніченко О. М., Шаповалова С. І. Критерії оцінювання програмних засобів верстатів з ЧПК для невеликих виробництв</i>	<i>11</i>
<i>Вахович Д. Р., Шаповалова С. І. Використання методів прогнозування при демонтажу нестабільних конструкцій під НБК.....</i>	<i>14</i>
<i>Войташ В.В., Титенко С.В. Інтеграція технології доповненої реальності з мобільними додатками</i>	<i>16</i>
<i>Гайдаржи В.І., Дудкін Ю. М. Хмарна підсистема керування моделями у системі моделювання гідроакустичних процесів за технологією Web-Api.....</i>	<i>19</i>
<i>Гвозденко О.В., Сегеда І.В. Сучасні методи побудови опису маршрутів для навчальних навігаційних систем засобами Apple IOS....</i>	<i>23</i>
<i>Горб П. Ю. Застосування симплекс-методу для оптимізації структури реалізації продукції</i>	<i>29</i>
<i>Гуменний А.А., Карпенко Є.Ю. Онлайн сервіс організації пасажирських перевезень на середні та малі дистанції</i>	<i>34</i>
<i>Гуменюк Л.М., Сидоренко Ю.В. Сучасні методи шифрування інформації</i>	<i>39</i>
<i>Дудник В.Ю., Сидоренко Ю.В. Використання політочкових перетворень в моделях регулювання водостоку водосховищ</i>	<i>43</i>
<i>Ільчишин Д.В., Сегеда І.В. Розробка модулю навігаційної системи для взаємодії з веб-сервісами</i>	<i>47</i>

Вахович Д.Р., бакалавр

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРИ ДЕМОНТАЖУ НЕСТАБІЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД НБК

Після введення в експлуатацію Нового Безпечного Конфайнменту залишки зруйнованого блоку, незважаючи на нове укриття, як і раніше становлять небезпеку. Законом України “Про загальнодержавного програму зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС та перетворення об’єкта “Укриття” на екологічно безпечного систему” передбачено перетворення об’єкта в екологічно безпечну систему, для чого необхідно виконати великий комплекс заходів. Потрібно демонтувати нестабільні конструкції ОУ, розробити технології вилучення лавоподібних паливовмістних матеріалів, видалити і захоронити все, що залишилось в об’єкті.

Найбільш актуальним та досі не вирішеним питанням стає демонтаж нестабільних конструкцій, який повинен завершитися до закінчення встановленого терміну стабільності “Саркофагу” — 2023 р. Проте дані роботи виходять за рамки фінансуються робіт Чорнобильським Фондом “Укриття”, і джерело їх фінансування все ще не визначене. Таке не визначенням лишається і план демонтажу. Визначення цілей є найважливішим етапом будь-якого проекту, і НБК — не є винятком. Для вирішення цієї проблеми має бути залучена велика кількість спеціалістів, як люди, що відмінно знають теоретичну частину, особливості архітектури та можливості НБК та добре обізнані у сфері новітніх технологій, так і ті, що були присутні при ліквідації Чорнобильської катастрофи, та тісно знайомі з особливостями архітектури ОУ. Одним з можливих розв’язків цієї проблеми є використання методу “Дельфі”.

Основним принципом цього методу є те, що деяка кількість незалежних експертів (непов'язані та не знають один одного) краще оцінює та прогнозує результат, ніж структурована група особистостей. Також дозволяє уникнути конфліктів між носіями протилежних позицій, так як виключає безпосередній контакт експертів між собою і, дає можливість проводити опитування екстериторіально, що не збираючи експертів в одному місці.